

**UNIVERSIDAD DE MADRID**  
**FACULTAD DE MEDICINA**



**TESIS DOCTORAL**

**El factor vascular y la consolidación de las fracturas**

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR  
PRESENTADA POR

**Felipe Garrido García**

DIRECTOR:

**Alfonso de la Fuente Chaos**

**Madrid, 2015**

616-007.5  
G. 25f

**EL FACTOR VASCULAR Y LA CONSOLIDACION DE LAS FRACTURAS**  
=====

Tesis que para optar al titulo de  
Doctor presenta:

FELIPE GARRIDO GARCIA

## RECONOCIMIENTO

La condición más atrayente del pensamiento humano es la inquietud (A. France).

Hace ya varios años, cuando asistíamos a la segunda lección de cátedra de la Universidad, oímos de labios de un profesor una frase tan desalentadora como verdadera, «de las dificultades y sinsabores que nos acarrearía la Medicina», hasta el punto de invitarnos a abandonarla.

Pero antes que un desanimo, representaron para nosotros aquellas palabras un aliento, al pensar en las grandes satisfacciones que había de proporcionar una profesión que exigía un sacrificio tal. Así iniciamos nuestra formación universitaria, y fué al tomar contacto con la Clínica quirúrgica del Prof. A. de la Fuente, cuando empezamos a vivir esas dos facetas del quehacer médico.

Poco a poco fuimos aprendiendo a su lado el arte de la cirugía, una cirugía nueva, evolucionista, como es el espíritu que imprime a su obra.

Por tanto, si él nos enseñó un modo de hacer en el sentido amplio de la Patología quirúrgica, de nadie podíamos pretender mejor la dirección de nuestra tesis doctoral.

Día a día fué nuestro consejero en las dificultades que considerábamos insuperables, corrigió cuantos datos pudieran ser dudosos, y nos proporcionó ideas de incalculable valor. Vaya pues el primer reconocimiento, para el maestro que tanta ayuda personal y técnica nos brindó, ya que en todo momento dispusimos incondicio-

nalmente del Instituto Nacional de Medicina y Seguridad del Trabajo para nuestras experiencias.

Asimismo queremos refrandar nuestra gratitud a los doctores de la Cruz Caro, Delgado Pérez, Moral Torres y Rodolfo Lozano, por su valioso asesoramiento y desprendida colaboración no solo en el desarrollo de este trabajo sino también a lo largo de toda nuestra formación científica.

Gracias al Dr. Padilla, que nos ofreció todos sus conocimientos de Anatomía Patológica para conseguir el fin deseado, al igual que a los Profesores Bermúdez de Castro y Rivoire a los que tanto molestamos con insistentes pruebas para obtener los mejores resultados en sus departamentos del Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

Gracias por último, y no por ello menos sentidas al Dr. Ochoa compañía y ayuda en mis tardes de Laboratorio.

## I N T R O D U C C I O N

La lectura de los trabajos del Prof. De la Fuente sobre vascularización gástrica y posteriormente los del Prof. Trueta, de Oxford, acerca de distintos aspectos de la patología ósea, nos llevaron a elegir este tema para realización de nuestra tesis doctoral.

Habíamos observado en el quehacer diario, las dificultades que en ocasiones se presentan para obtener la consolidación completa de las fracturas diafisarias de tibia, especialmente a nivel de la unión del tercio medio, tercio inferior y que a veces llevan al retardo de su consolidación o a la pseudoartrosis.

El estudio de la bibliografía aportada por las grandes escuelas traumatológicas nos confirmaron en la idea, y comenzamos a considerar los factores que podían ser causa de tal hecho.

Así pues, iniciamos la revisión con la embriología de este hueso, el estudio de sus puntos de osificación, etc., de los que podían obtenerse datos que justificaran, si no completamente, al menos en parte, esta patología.

Pasamos después revista al hueso desarrollado, los cambios de forma, sus relaciones con el peroné, las inserciones musculares, los tejidos blandos que rodean a la región y vascularización de la misma. Más adelante, estudiamos la patología traumática, así como todos los factores que intervienen en la formación del callo de fractura, y que en esta localización podían tener caracteres propios.

Tratados estos elementos, llegamos a la conclusión de considerar el aporte vascular como causa principal de este desorden, y más aún, de los más discutidos en la actualidad, al virar en oertos aspectos las ideas existentes sobre la vascularización de los huesos largos y en especial de la tibia, por lo que es hecho objeto de nuestro trabajo.

## CAPITULO I.- PARTE GENERAL

---

### FACTORES ANATOMICOS

Hemos comenzado nuestro estudio por el desarrollo de la tibia, y así, desde el punto de vista embriológico, sabemos que este hueso se desarrolla por cuatro puntos de osificación, uno primitivo que aparece a los treinta y cinco o cuarenta días de la vida intrauterina, formando no solo toda la diáfisis, sino también una buena parte de sus extremos, esto es, las once duodécimas partes de la tibia (Sappey).

De los otros puntos complementarios, uno aparece al nacer, y va destinado a la epífisis superior. Otro para la epífisis distal y se desarrolla en la mitad del segundo año, y el tercero o de la tuberosidad anterior, aparece entre el segundo y cuarto año.

Por tanto, no encontramos relación alguna entre el desarrollo de la tibia y las alteraciones que en la consolidación de las fracturas, localizadas entre el tercio medio y tercio inferior de la misma, puedan existir.

Siguiendo con los factores anatómicos, el hueso desarrollado presenta un cambio de forma, ya que desde su extremo proximal que es ancho, se estrecha cada vez más hasta la unión de sus tercios medio e inferior, para ensancharse de nuevo hacia abajo.

La tibia asimismo, en sus dos tercios superiores es de forma prismática triangular, y en esta altura se pueden diferenciar tres caras: interna, externa y posterior y tres bordes: interno, externo y anterior.

En su tercio distal, el cuerpo de la tibia pierde la forma prismática para hacerse cilíndrica, cambio que se efectúa casi exactamente en la unión del tercio medio con el distal.

Por tanto, este es el lugar de menor resistencia, primero a causa del cambio de forma que el hueso experimenta a este nivel y por tanto modificación de las líneas de fuerza a su paso por este punto y luego por corresponder a la parte más estrecha de la diáfisis.

Estos dos factores, aunque secundarios, pueden tener influencia en la lentitud de consolidación o pseudoartrosis de las fracturas localizadas a este nivel.

Con respecto a las inserciones musculares de este hueso a nivel de la diáfisis, las agrupamos en las localizadas en su cara interna, que da inserción en la parte superior a las expansiones tendinosas de los tres músculos que forman la pata de ganso (sartorio, semimembranoso y recto interno). En la externa y en sus dos tercios proximales se insertan el músculo tibial anterior y por debajo de éste, el extensor propio del dedo gordo.

Finalmente en la cara posterior, sobre la línea oblicua de la tibia, se fija el músculo solar en el intersticio, en su labio superior el músculo popliteo y en el inferior el tibial posterior y el flexor común de los dedos.

Como puede observarse, el tercio inferior del hueso no tiene inserciones musculares; estando rodeado por músculos con inserciones en otros puntos, de tendones con sus vainas de deslizamiento, y en parte, situado inmediatamente debajo de la piel y tejido celular subcutáneo.



Por tanto, ya tenemos un nuevo factor que pueda influenciar el proceso de curación de estas fracturas, pues sabemos que las inserciones musculares son puntos de penetración de vasos para el hueso, tan necesarios en el proceso de reparación. Además, a nivel de ellas hay cordones persistentes de tejido conectivo precartilaginoso (GESCHICKTER) al igual que en el periostio, con capacidad regenerativa, y que podrían contribuir a la más fácil y rápida consolidación en las soluciones de continuidad ósea.

Desde el punto de vista estático, la tibia es el hueso que transmite el peso del individuo al pie, por tanto la mala reducción de una fractura lleva a importantes cambios en la transmisión de las líneas de fuerza del hueso y como es natural a una dificultad para la reparación.

## **FRACTURAS Y PROCESO REPARADOR DE LAS MISMAS**

---

Tratados en el apartado anterior los factores anatómicos que pueden tener influencia sobre la evolución del proceso reparador de estas fracturas, vamos a entrar ahora en el estudio de las fracturas mismas, intentando obtener datos que justifiquen su comportamiento.

Las fracturas de la pierna, si bien con frecuencia afectan a ambos huesos, tibia y peroné, no son raras las que provocan solución de continuidad en uno de ellos con integridad del otro.

Para Watson-Jones, estas fracturas se caracterizan por una serie de hechos;

1a) Gran frecuencia de fracturas abiertas infectadas, por la superficialidad de la tibia.

2a) Tendencia a reproducir el desplazamiento de los fragmentos, cuando desaparece la tumefacción, sobre todo en las espirales y oblicuas.

3a) Graves trastornos «estáticos en el miembro» si la alineación o rotación de los fragmentos es imperfecta, ya que las articulaciones de la rodilla y el tobillo se mueven en un eje paralelo idéntico.

4a) Frecuencia de consolidación lenta, debido a la irrigación sanguínea del hueso.

5a) Frecuencia todavía mayor de consolidación lenta si se emplea tracción continua, especialmente utilizando un peso grande y los fragmentos son separados por tracción.

6a) Frecuencia de falta de consolidación, si no se reconoce

la consolidación lenta y no se prolonge de modo adecuado la inmovilización.

Estos principios, más o menos aceptados por casi todos los autores, aumentan en importancia al considerar que la frecuencia de ellas representa el 15 a 20 por 100 de todas las que afectan al hombre. Además se ha de tener en cuenta, que el hombre adulto, las padece en mayor número y por tanto son de gran importancia social.

Estas fracturas pueden ser debidas a un choque directo o a un mecanismo indirecto, los cuales vienen a tener una frecuencia parecida, especialmente en el adulto.

Por mecanismo directo, la lesión, se produce en general, de bajo del punto de actuación del agente vulnerante, mientras que por el indirecto, en la forma de torsión se localiza de preferencia en la unión del tercio medio y tercio inferior de la pierna.

Desde el punto de vista anatomo-patológico, podemos dividir las en: I.- Transversales; Suelen estar determinadas por mecanismo directo. También se producen por cizallamiento, cuando una par te de la pierna permanece fija y el agente vulnerante actúa sobre la otra en sentido perpendicular a su eje longitudinal.

El peroné se lesiona al mismo nivel o un poco más arriba que la tibia.

II.- Fracturas oblicuas; No son muy frecuentes, y en general son determinadas por mecanismo indirecto, con línea de fractura ha cia abajo, adelante y adentro.

La lesión del peroné suele ser transversal u oblicua y localizada al mismo nivel de la línea tibial.

III.- Fracturas espiroideas: Son muy frecuentes, ya que al menos representan la mitad de las fracturas de la pierna.

En la tibia se localizan electivamente en la unión del tercio medio e inferior, zona de transición del hueso, donde de triangular tiende a hacerse cilíndrico. Si el traumatismo es intenso pueden determinarse uno o dos fragmentos triangulares.

El peroné se fractura generalmente en la prolongación del tracto tibial.

IV.- Fracturas conminutas: Son producidas por mecanismo directo y presentan un gran número de fragmentos, que escapa a toda descripción. Estos fragmentos intermedios, dificultan la reducción, impiden en ocasiones el contacto entre los fragmentos principales superior e inferior y prolongan generalmente la consolidación.

V.- Fracturas dobles: A veces se determina un fragmento intermedio de gran tamaño, colocado oblicuamente entre los dos principales, que suelen guardar una alineación parecida a la normal. La vascularización de este fragmento intermedio es precaria y con frecuencia aparece pseudoartrosis.

Lesiones asociadas.- Entendemos por tales, aquellas que afectan a las partes blandas. Entre estas citaremos las lesiones vasculares y nerviosas, de muy rara presentación, las lesiones cutáneas y las musculares, que revisten una importancia creciente.

La interposición muscular o tendinosa, los hematomas musculares que comprimen las venas y favorecen las flebitis, son el origen de muchas secuelas tróficas.

Desviación.- Estas fracturas presentan una desviación que no sólo está en relación con la tracción muscular, sino también con

la dirección del agente vulnerante y la posición en que se coloca el miembro.

1a) Acabalgamiento.— Es debido a la acción de los grupos musculares y sobre todo del triceps, produciendo ecortamiento, puede observarse en las fracturas transversales y más frecuentemente en las oblicuas y espiroideas.

2a) Angulación: Es más acusada en las transversales y oblicuas, pudiendo tener un sentido antero-posterior o frontal.

3a) Rotación: Si bien el fragmento proximal queda fijo en la rodilla, el distal rota hacia fuera por la acción del peso del pie.

4a) Lateral: Los fragmentos están desplazados lateralmente uno con respecto al otro; es incompleta cuando aún existe contacto entre las superficies de fractura, y completa si se ha perdido toda relación.

Con respecto a la clínica, poco puede interesarnos en este estudio, pero sí queremos resaltar que aparte de los signos locales, tiene interés la apreciación exacta de la resistencia del sujeto (edad, alteraciones viscerales, intoxicación etílica, etc) el estado del aparato circulatorio central y periférico, así como el psiquismo del enfermo, que deben ser muy tenidos en cuenta para realizar la elección del método terapéutico.

Pasamos ahora al tratamiento, en el cual destaca por su valor la reducción precoz de los fragmentos para evitar los grandes edemas y flictenas que retarden la intervención terapéutica.

En la actualidad y tras cuidadosas estadísticas, se concluye que un tratamiento ortopédico simple acarrea menos complicaciones y secuelas que el quirúrgico, y así tenemos para comparar las esta-

dísticas de RIEUNAN y BOUTIN, que transcribimos a continuación.

La primera se refiere a 264 fracturas de pierna, de las cuales 184 eran cerradas.

a) Tratamiento aplicado:

ortopédico ..... 120 casos ..... 60%

osteosíntesis..... 64 " ..... 40%

b) Complicaciones:

ortopédico ..... 13 casos sobre 120 .... 11%

osteosíntesis..... 28 " " 64 .... 43.7%

c) Incapacidad temporal:

ortopédico ..... 6 meses

quirúrgico ..... 9 "

d) Tasa de incapacidad permanente parcial:

ortopédico..... 17%

quirúrgico..... 23%

La de BOUTIN comprende 144 casos de fracturas espiroideas y oblicuas;

a) Tratamiento aplicado:

ortopédico..... 67 casos ..... 47%

Osteosíntesis..... 77 " ..... 55%

b) Complicaciones:

I) Sobre 77 osteosíntesis: 9 osteitis

7 pseudoartrosis

20 callos viciados

II) Sobre 67 ortopédicos: 5 pseudoartrosis

25 callos viciados

c) Incapacidad temporal;

Ortopédico: Inferior a 6 meses 46%

Superior a 1 año 9%

Quirúrgico: Inferior a 6 meses 24%

Superior a 1 año 35%

d) Resultados funcionales.

Ortopédico: Buenos 70%. Pasables 15%. Malos 14%

Quirúrgico: " 55% " 18% " 27%

Por tanto se nos confirman los mejores resultados obtenidos con la terapéutica incruenta, teniendo en cuenta además, que esta no lleva jamás a catástrofes irreparables.

Cuando no existe desplazamiento, solo será necesaria la inmovilización con yeso, cuidando no provocar desviación de los fragmentos durante la inmovilización o secundariamente.

En las fracturas con desplazamiento, hemos de distinguir dos tiempos: reducción y contención. Si bien la primera no suele presentar grandes problemas, las dificultades de la contención son las que plantean la discusión entre los procedimientos quirúrgicos y ortopédicos.

Desde este punto de vista, las fracturas de la pierna se dividen netamente en dos categorías:

a) Cuando practicada la reducción, quedan los extremos enclavados y fijos, sería la reducción estable.

b) Si por la oblicuidad de la línea de fractura no existe fijación de los fragmentos, la reducción se considera inestable.

A) Tratamiento ortopédico: Se realizará bajo anestesia, control radiográfico y tracción mecánica. Reducido el acortamiento y

las demás desviaciones, se pasa a la contención que en general será suficiente con una calza de escayola.

Este método, tiene la ventaja de la simplicidad y con resultados perfectos si los casos son bien elegidos, sobre todo si se realiza poco después del accidente y antes de la aparición del edema, aunque deberán vigilarse los enfermos muy directamente por el desarrollo secundario de este.

B) Extensión continua simple o asociada a la contención con escayola; La primera forma es de resultados mediocres, pues si bien corrige fácilmente el acortamiento y la angulación, las desviaciones transversales persisten con frecuencia.

En general, está indicada, a título inicial y provisional, en los casos en que las partes blandas contraindican el uso de un yeso asociado.

Cuando la extensión continua va unida a la inmovilización con escayola, se suman a las ventajas de la primera una inmovilización rigurosa y una contención de los desplazamientos laterales.

A pesar de lo expuesto, también este método tiene algunos inconvenientes como son, la imperfecta reducción que no llega a la obtenida quirúrgicamente, y los retardos de consolidación, casi siempre determinados por una tracción excesiva con diastasis de los fragmentos.

Para Watson-Jones el 45% de las fracturas tratadas solo con inmovilización habían consolidado a los tres meses, mientras en los casos en que fué utilizada la tracción solo el 22% estaban curadas.

C) Transfixión ósea incorporada al vendaje de yeso. Emplea-



da por Böhler para los casos graves que necesitan una rápida mo  
vilización.

Obtenida la reducción y desaparecido el edema, se solidi-  
rizan con el yeso los dos clavos pasados por calcaneo y tuberosi-  
dad tibial respectivamente.

D) Tratamiento quirúrgico.- Su importancia va en aumento, y  
no olvidaremos a la hora de la crítica, los numerosos fracasos de  
terminados por el empleo de una técnica defectuosa o por cirujanos  
poco entrenados en cirugía ósea.

Como indicación formal del mismo, solo hay una que es la irre-  
ductibilidad por otros métodos, bastante rara por cierto (Boutin).

Los diferentes tipos de fractura, hacen cambiar para cada ca  
so el material de osteosíntesis a emplear, describiéndose en gene-  
ral tres técnicas:

- a) Las osteosíntesis paralelas al eje diafisario; el enclava-  
miento.
- b) Las perpendiculares a este eje; los tornillos y cerclajes.
- c) Las perpendiculares y paralelas; las placas, coaptadores, in  
jerto con tornillos y enclavamiento asociado a un cerclaje  
o tornillo.

Finalmente y de una manera general, durante el periodo de in-  
movilización, que como término medio será de tres meses, el enfer-  
mo realizará ejercicios de rótula, así como de los dedos.

Al ser quitada la escayola, la vigilancia médica será estric  
ta y sometido a una mecanoterapia activa que condicione la recupe-  
ración muscular y articular, y desaparición del edema residual.

CONCLUSION.- Después de un estudio somero de las fracturas

de la diáfisis tibial, orientado especialmente hacia las localizadas en la unión del tercio medio con el distal, vamos a buscar los factores que pueden influir en la lenta evolución del proceso curativo de las mismas.

En primer lugar, el gran desplazamiento que suele existir en estas lesiones, nos lleva a pensar, por un lado, en los destrozos de partes blandas que provoca, así como los amplios desplazamientos periósticos que pueden dificultar la consolidación, por encontrarse los fragmentos rodeados de tejidos con escasa vitalidad.

La dirección de la línea de fractura. En la forma transversal si la reducción no es perfecta, determina una escasa superficie de contacto entre los fragmentos. En las oblicuas y espirales, durante la fase de apoyo ha de producirse, a pesar de la escayola, un cizallamiento pequeño pero continuo entre los fragmentos.

A esto puede inculparse la existencia de las mismas formas anatómicas para otros huesos largos, pero aquí debemos tener en cuenta que la tibia durante la marcha recibe la carga de todo el tronco, más la fuerza impulsora del mismo.

Otras veces, cuando el peroné está íntegro se considera a este como un factor de retardo por impedir que el estímulo de la carga excite la formación del callo, tratándose muchas veces la lenta consolidación con osteotomía del peroné.

Hecho parecido podemos atribuir a la técnica de Böhler, de transfixión ósea incorporada al vendaje de yeso.

También puede ocurrir lo contrario, en las fracturas tratadas por tracción continua excesiva, en las que falta el excitante funcional y además con menor actividad por parte del callo periós-

tico (M. Lagos). Según Pavels la tracción excesiva dá lugar a un callo fibroso.

No se debe olvidar las inmovilizaciones defectuosas, por ser insuficientes durante el primer periodo y no estar bien ajustadas al desaparecer el edema residual, o porque fueron retiradas prematuramente por carga precoz.

Para muchos autores, es considera como factor principal la defectuosa irrigación sanguínea que acompaña al fragmento distal desprovisto del aporte de la arteria nutricia. En ocasiones, la influencia de esta es aún mayor, como ocurre en las fracturas de tracto doble, en que un segmento de la diáfisis queda aislado del aporte sanguíneo, con excepción del perióstico. Igualmente ocurre con las polifragmentarias.

Por último existen las causas generales, como sífilis, edad, ciertas carencias, etc., que si bien son secundarias, no deben ser despreciadas.

Hemos pasado revista en estos capítulos, a los factores que pueden influenciar de una manera más o menos acusada en la evolución del callo de fractura.

En el primer grupo estudiamos los factores anatómicos, como son los cambios de forma del hueso y modificación de las líneas de fuerza, la escasez de inserciones musculares a éste nivel y el ser un eje de apoyo de todo el individuo durante la marcha. Y en un segundo apartado, los que van unidos a la fractura misma, como son los destrozos desarrollados en los tejidos circundantes, escasez de contacto entre los fragmentos, cizallamiento entre los mismos

durante el apoyo, las dificultades que el peroné produce cuando queda íntegro desapareciendo el excitante funcional, la diástasis entre los fragmentos para los casos tratados con tracción continua, la escasa vascularización del fragmento distal, las causas generales y por último, y en gran magnitud los defectos del tratamiento sea ortopédico o quirúrgico.

Considerados estos factores que hemos recogido, ninguno de ellos convence plenamente como causa única de la patología que es tamos tratando, por lo cual queremos estudiar ampliamente uno de ellos, el vascular, cuya importancia principal ha sido estimado por numerosos autores.

## CAPITULO II.- PARTE ESPECIAL

Para poder estar en las mejores condiciones científicas y técnicas al iniciar nuestro trabajo experimental, consideramos interésante dedicar este capítulo, al estudio del callo de fractura y a la vascularización de la tibia y peroné sano con las distintas técnicas utilizadas en los trabajos que nos precedieron. Así quedará determinada una base, sobre la cual nos apoyaremos en principio para emprender nuestra labor, y tendremos datos que puedan ser contrastados con los resultados obtenidos.

### EL CALLO DE FRACTURA

La fractura constituye un conjunto de lesiones alterativas, ya que a la solución de continuidad ósea, se asocian las de las partes blandas que la rodean.

Si con esta definición, damos amplitud al concepto de fractura en lo que respecta a su anatomía patológica, cuando tratamos de su reparación ocurre algo parecido, pues no solo es el hueso el que participa de ella, sino también el periostio, tejido reticulo-endotelial y aún los tejidos vecinos como los músculos y aponeurosis.

Por tanto la curación de una fractura, no es más que una modalidad del proceso general de reparación de los tejidos, con la diferencia de que en este caso, además se depositan sales de calcio

Así pues, en la formación del callo hay que considerar: a) un proceso biológico celular, y b) un proceso químico de precipitación de sales cálcicas.

Numerosos son los trabajos, tanto clínicos como experimentales, que se han realizado de los fenómenos que llevan a la formación del callo de fractura, a pesar de ello, son muchos los puntos que continúan en discusión y sin resolver. Los trabajos experimentales, nunca pueden darnos unos datos exactos debido a que las condiciones no son las mismas que en el hombre. En cuanto a las piezas anatómicas humanas son raras y las biopsias que generalmente se toman de fracturas en costillas, no son exactas para deducir resultados, ya que la evolución de estas lesiones aparece alterada por la continua movilización de los desplazamientos respiratorios.

De esto se deduce la disparidad existente en cuanto a la interpretación de los hechos anatómicos y de la génesis de estos fenómenos.

Durante mucho tiempo no se tuvo en cuenta más que el problema anatómico local (CRETIN), pero si estudiamos intimamente el proceso de reparación de una fractura, pronto descubriremos tanto el desequilibrio proteico-mineral como el vaso-motor, de forma que esta enfermedad considerada «local» pasa a ser «general» como fácilmente se deduce.

Entrando ya en el estudio del proceso de reparación, BRESCKET y VILLERME establecen cinco estadios, que después son adoptados por GOSSELIN y muchos autores;

1a) Periodo de derrame, de tumefacción inflamatoria, que dura de uno a seis días.

2a) Periodo fibrocartilaginoso, cuya duración es de diez a veinte días.

3a) Periodo de formación del callo óseo (estadio esponjoso)

que va de veinticinco días a tres meses.

4a) Periodo de condensación del callo, de dos a seis meses.

5a) Desaparición del tumor del callo y restablecimiento del canal medular, de cuatro a seis meses.

TANTON, distingue cuatro periodos en su evolución;

1a) Formación del callo célula-fibroso.

2a) Formación del callo fibro-cartilaginoso.

3a) Formación del callo óseo.

4a) Formación del callo definitivo.

Para MASSE, la fractura, que siempre es compleja en sus lesiones como citábamos anteriormente, presenta a nivel del foco un gran derrame hemático fácilmente coagulable que baña todos los restos tisulares y determina una masa fibrinosa que algunos han denominado como estadio de callo fibrinoso.

Este foco traumático, será lugar de intensas modificaciones que se hacen en tres estadios;

a) Primer estadio: el hematoma y restos que contiene, son invadidos por fibroblastos y transformados en tejido conjuntivo embrionario.

b) Segundo estadio: el tejido óseo, de textura grosera, invade este callo conjuntivo y suelda los fragmentos.

c) Tercer estadio: de callo definitivo, el cual llega después de grandes modificaciones, hasta tomar la zona de fractura una constitución normal. Si bien desde el punto de vista didáctico se hacen estas clasificaciones, en la realidad los fenómenos se intrincan, de forma que no existe esta sucesión sistemática. Así pues:

A) Organización conjuntiva del hematoma.- Como consecuencia de la hiperemia, se establece un proceso de reparación, que empieza con la organización del coágulo. Este es invadido por células conjuntivas embrionarias que rodean los brotes de capilares de neoformación y penetran en el coágulo, formando en conjunto un tejido de granulación que avanza apoyándose en las mallas de fibrina y acaba encapsulando el hematoma. Este tejido de granulación comienza a formarse en la parte más externa del foco, debajo del periostio y determina la virola externa de DUEHAMEL y DUPUYTREN. El centro es también invadido por nidos conjuntivo-capilares procedentes de la médula ósea, que proliferan con mayor lentitud anastomosándose con los periósticos. Estos forman la virola interna, de aparición más tardía que la externa. Además aparecen los nidos procedentes de los conductos de Havers constituyendo el callo intermedio, de escaso desarrollo. Cuando queda constituida la virola externa, los músculos se reinsertan, y estos han de ser los reservorios para el calcio liberado del foco, que está a disposición del tejido óseo cuando éste tenga necesidad del mismo.

Como en todo traumatismo, se produce una gran hiperemia regional y los neovasos penetran por todo el coágulo. Por esta congestión activa, el periostio y los tejidos conjuntivos vecinos pasan a un estado embrionario, y las extremidades óseas sufren una resorción que tiene por consecuencia un aumento de los canales de Havers y de los espacios conjuntivos. Esta resorción comienza poco después del trauma y solo aparece sobre la zona traumatizada con desprendimiento perióstico.



Los tejidos interfragmentarios sufren modificaciones interesantes, y así a nivel del hematoma, los glóbulos blancos conservan largo tiempo sus caracteres morfológicos y afinidades tintoriales, con igual proporción que en la sangre circulante. Al cuarto día aparece mononucleosis y la destrucción de los glóbulos blancos no comienza hasta el quinto día.

Las fibras musculares fijadas en estado de contracción máxima durante los primeros días guardan sus caracteres histológicos, degenerando tardíamente.

Los fragmentos óseos que perdieron toda conexión, se necrosan, pero si quedan unidos a músculo o al esqueleto, sufren la misma suerte que las extremidades fracturadas, resorción más intensa, aumento de las células óseas y de sus prolongaciones.

Por tanto, durante los tres o cuatro primeros días de esta fase traumática (RICAL y VIGNAL), de esta fase exudativa y hemorrágica (KIENER y POULET), el organismo edificará defensas para ayuda de los tejidos lesionados. Importa pues, reducir la fractura en los tres primeros días, si no se quiere, de manera intempestiva, cambiar o destruir los primeros esbozos de consolidación.

B) Formación del callo primitivo: El primer problema que se plantea es saber como este tejido conjuntivo embrionario se transforma en la masa osteoide, que constituye el callo primitivo.

En 1741, DUHAMEL mostraba que la reparación era debida en gran parte al periostio, aunque sin desconocer completamente el papel de la médula. TROJA en 1745 saca a la luz la osificación interna debida a la médula. DUPUYTREN en 1812, insistía sobre el pa-

pel importante del periostio y emite su teoría mixta del callo provisional formado por el periostio y la médula, destinado a reabsorberse, y del callo definitivo formado por la unión y soldadura de las superficies de ruptura.

FLOURENS y HEINE confirmaron los trabajos de DUHAMEL y el papel casi exclusivo del periostio en la formación del callo.

Después vienen los de GOSSELIN, de RANVIER, RICAL, VIGNAL, CORMIL y COUDRAY.

En definitiva, todos indican que el periostio por su capa profunda osteógena, edifica la virola externa, mientras la médula posee igualmente un papel osteoformador que edificará la virola interna y delimitará el canal medular.

BROCA prueba esta osificación independiente de la médula, aportando una pieza sobre la cual el callo periostico y medular es tán totalmente separados.

Estas dos virolas son cartilaginosas en un principio, que van al encuentro la una de la otra y cuya osificación no comienza hasta el 20 ó 30 día con transformación lenta del cartílago.

BIER atribuyó la propiedad específica osteogénica a la médula ósea, pues, reseca un segmento diafisario con el periostio y dejando ampliamente abierta la cavidad medular, observó la regeneración perfecta del trozo de hueso extirpado. Según él, la regeneración se produce bajo la influencia de hormonas especiales de la herida, organo-específicas, las cuales no son idénticas a los productos de destrucción reabsorbidos (FRANKEL). Las investigaciones de LORIN-EPSTEIN y FRANKEL parecen indicar como probable que de las sustancias destruídas o por efecto de su reabsorción, se

produce una hormona plástica, la cual actúa sobre el callo acelerando su crecimiento, y al mismo tiempo lo sensibiliza para una segunda hormona, la llamada hormona de diferenciación.

Actualmente se admite que el callo óseo se forma a expensas del tejido conjuntivo embrionario, procedente no solo del periostio y de la médula, sino también del tejido conjuntivo de las partes blandas vecinas que sufriría una metaplasia. Para LERICHE y POLICARD la célula no tiene un papel activo específico en la formación de hueso. Cualquier tejido conjuntivo indiferente puede transformarse en hueso, por metaplasia de la substancia fundamental. Las células no toman parte activa, sino que se acomodan sobre la substancia ósea neoformada. En este sentido, debe concederse capacidad regenerativa, aunque no específica, a la médula y al periostio.

Los granos óseos, no aparecen nunca en el ángulo osteoperiostico antes del sexto día y suele ser hacia el noveno o décimo, cuando se encuentran constantemente, formando pequeños núcleos. Estos se anastomosan a través del tejido conjuntivo, pasando bastante tiempo hasta que se unan los de los fragmentos principales. El callo periférico durante largo tiempo desborda la zona propiamente ósea y se desarrolla en los músculos adyacentes. Estos callos intramusculares regresan más tarde aunque muchas veces dejan una fibrosis en el músculo.

Antes de seguir adelante, queremos aclarar este punto tan discutido, de si el callo pasa por un estadio cartilaginoso obligadamente. Si bien esta afirmación era admitida clásicamente. LERICHE y POLICARD creen que este tejido no aparece cuando los fragmen

tos están inmovilizados perfectamente. Para KROMPECHER la existencia de cartílago depende del tipo de acción mecánica que actúe sobre el foco, de forma que los puntos sometidos a presión forman tejido cartilaginoso y sobre los que actúa la tensión, fibras colágenas, existiendo pues una osificación desmógena y otra cartilaginosa

sin embargo, esta opinión no es sostenida de una manera definitiva, pues más recientemente SHIGO NAGURA (1939), admite que el callo cartilaginoso es posible en toda fractura. Para M. LAGOS y ZARAPICO la neoformación ósea en el callo es condrógena en la porción medular y desmógena en el rodete subperióstico.

Otros autores piensan que el callo cartilaginoso sería constante en los animales, mientras que en el hombre los islotes cartilaginosos dependerían de los movimientos anormales. Más recientemente, FONTAINE, con sus experiencias, parece probar que tanto en el hombre como en los animales está en relación con la movilidad anormal a nivel del foco.

Estudiando el problema de manera menos mecánica, se atribuye al cartílago un papel de reservorio de material proteico.

Además, si bien estas masas nunca llegan por si solas a soldar los fragmentos, parece ser que los nódulos o placas «cartilaginosas», situadas en el interior del bloque conjuntivo u óseo, no presentan un aspecto homogéneo, y desde el punto de vista histológico más parece un tejido condroide que cartílago hialino verdadero

Nos encontramos ya en la fase en que la sustancia osteoide va ocupando el espacio interfragmentario, uniendo los extremos óseos. Sobre esta precipitan las sales cálcicas formandose el llamado callo provisional, constituido por hueso blando irregular, de

anchas mallas, encerrando fibrillas colágenas en el de origen desmógeno, en tanto que en el condrógeno se observan islotes de cartílago. En los primeros momentos, la cantidad de calcio en el tejido conjuntivo es muy baja. Sin embargo LERICHE, POLICARD y JUNG encuentran en las primeras 48 horas un aumento de la cifra de calcio, que al llegar al 11 día determina modificaciones importantes. También S. ANNESSEN en su importante trabajo, nos muestra la curva de sobrecarga mineral ( $Ca$  y  $P$ ) que se hace desde el 11 día. Las modificaciones de la matriz proteica nos indican un aumento de las materias azoadas, pero más moderado que el de los demás minerales.

Los índices de  $Ca/N$  y  $P/N$  que indican el grado de mineralización de la matriz, no cesan de crecer durante todo el tiempo que dura la formación del callo. Los carbonatos no aparecen más que tardíamente.

Mientras se hacen estas sobrecargas el Ph se va a modificar. Desde la acidez por producción de ácido láctico, después del 10 día se hace normal con tendencia a la alcalinidad, que favorece la acción enzimática. La alcalinidad llega al máximo hacia el 25 día.

ROCHE y su escuela concluyen, un hueso largo con fractura diafisaria, presenta en la diáfisis y apófisis, modificaciones de composición sucesivas y de la misma naturaleza, aunque más acentuadas a nivel de la lesión. Se caracterizan al principio por desmineralización que dura alrededor de 25 días. A esta decalcificación sucede una fase de reparación más o menos completa de las pérdidas sufridas anteriormente. Estas modificaciones son independientes de los fenómenos locales, pues es anterior a la aparición de estos, y suceden aún cuando se produzca una pseudoartrosis fibrosa.

Como estas modificaciones acontecen, aunque con menor intensidad en todo el esqueleto, nos lleva a deducir la participación de todo él en la consolidación de la fractura.

No existe unánime acuerdo, pues por ejemplo DALLEMAGNE, solo observa desmineralización a nivel de la pieza fracturada y de la homónima.

Con respecto a la actividad enzimática, ROCHE encuentra aumento de las fosfatasas a nivel de las diversas regiones del hueso fracturado. Esta actividad aumentada se manifiesta poco después de la fractura y es máxima en el momento de la formación del callo fibroso.

Además, todas las piezas óseas presentan un aumento de esta actividad enzimática. A pesar de ello, no debemos olvidar que dicha enzima no es absolutamente necesaria para la calcificación.

FONTAINE, encuentra resultados un poco diferentes en el perro, ya que si bien a nivel de la diáfisis fracturada el aumento de fosfatasas es grande, fuera de esta, las cifras son prácticamente normales.

Los tejidos vecinos son también afectados de modificaciones importantes. Los músculos y tendones, pasados algunos días, se enriquecen de calcio, silicio y magnesio.

El músculo traumatizado hidroliza su glucógeno, dando ácido láctico, ácido que es saturado por la cal que el músculo toma del foco donde hay una gran sobrecarga. Después y a condición que el músculo sea reinsertado, restituirá el calcio. Para CRETIN el endurecimiento brusco del callo se debe a la acción del silicio puesto en reserva en los tendones, aunque esto es bastante discutido

Con respecto a las modificaciones generales del organismo, ROUX, GIRARD y SIFRI, que han estudiado el metabolismo cálcico en todos los puntos del organismo, concluyen la aparición constante de calciuria después de una fractura, cuya cifra dependerá de la localización a nivel del hueso, tipo anatómico y según que el foco esté o no abierto. Este periodo de eliminación es largo y sobrepasa el periodo de consolidación de la fractura. Llega a su máximo en general, hacia el 30 día y se mantiene elevado durante todo el segundo mes.

C) Callo definitivo.-- Finalmente y como último estadio de la reparación de una fractura, el callo provisional sufre una transformación adaptando su estructura a la función, de modo que se refuerzan unas partes y se reabsorben otras, orientando sus trabéculas en un sentido funcional, según las líneas de fuerza y tracción

Para la formación de esta, es necesario largo tiempo durante el cual desaparece el callo exuberante perióstico, se abre el conducto medular y se refuerza el callo intermediario.

Todas estas transformaciones es clásico atribuir las a las acciones morfogénéticas, si bien muchos puntos quedan oscuros.

FACTORES QUE ACTUAN SOBRE LA FORMACION DEL CALLO.-- Muchos son los factores que se han estudiado, por lo cual nos detendremos solamente en aquellos que son considerados más importantes, y así empezamos por las acciones mecánicas, que tan discutidas siguen aún en la actualidad.

Como el hueso tiene que soportar acciones de presión y tracción estas fuerzas representan su excitante funcional, y como además continúan actuando sobre el callo de fractura es indudable

la influencia sobre el mismo.

Las opiniones son divergentes, como lo demuestran las leyes clásicas que en ocasiones se contradicen:

Ley de HUETER (1862), la compresión inhibe el desarrollo de hueso, produce una atrofia, mientras que la extensión determina producción de tejido óseo.

Ley de ROUX (1892) la presión continua engendra tejido óseo, mientras que la tracción favorece el reblandecimiento.

Ley de WOLFF (1892), la compresión y la tensión entrañan la formación de sustancia ósea y aceleración de la formación de hueso

En 1939 DEBIDOUR, estudia en el perro el papel de la presión interfragmentaria que varía de 25 a 30 kilogramos y obtiene consolidación ósea perfecta, con regeneración ósea típica y sin callo exuberante.

EGGERS en 1949 concluye sus trabajos, con que donde no existía algún contacto óseo no había osteogénesis, si la presión interfragmentaria era muy intensa aparecía una tendencia a la necrosis, y en las zonas medias una neta osteogénesis era visible.

FORD en 1951, obtiene como única conclusión, que la presión tiene un papel beneficioso sobre la consolidación y estima que el principal factor de la formación del callo es la inmovilización.

FRIEDENBERG y FRENCH nos indican: 1a) Que las presiones inferiores a seis kgs, por  $\text{cm}^2$  dan una unión fibrosa.

2a) Si la presión varía de 6 a 9 Kgs. por  $\text{cm}^2$  dan un callo óseo.

3a) Si son superiores a los 9 kgs. determinan una unión fibrosa o una falta de consolidación.



Estos datos se aproximan con los de RAZEMON y de YAMAGISKI y YOSHIMURA que dicen, con una compresión moderada como la que aporta la acción muscular, es como se obtiene la consolidación más satisfactoria.

DANIS con sus coaptadores consigue en un cierto número de casos, la consolidación ósea «per primam» ideal, sin callo periférico.

CHARNLEY de su técnica de artrodesis, concluye que es la presión y no la inmovilización la que juega el principal papel en la fusión.

Dejamos para el final los trabajos de los autores más clásicos. Y así KROMPECHER dice, que en una fractura la parte sometida a presión forma tejido cartilaginoso, mientras que la tracción da lugar a un callo fibroso, los cuales se calcificarían secundariamente.

PAUWELS, defiende la tesis de que el tejido óseo se forma donde hay reposo, es decir donde están neutralizadas las acciones mecánicas, y el tejido cartilaginoso o fibroso formado como soporte previo se debe a la acción de las fuerzas mecánicas sobre la sustancia intercelular, ya que el cartílago trata de contrarrestar la presión, mientras que el fibroso se opone a la tracción.

Y por último M. LAGOS de su trabajo publicado en 1949 concluye, que independientemente de la acción mecánica a que se somete el foco de fractura siempre se suceden los mismos fenómenos, esto es, la formación de tejido fibroso y núcleos de cartílago en la zona central interfragmentaria, en tanto que en la subperióstica solo se forma tejido fibroso.

Es decir, que contrariamente a PAUWELS y KROMPECHER los nó-

dulos lartilaginosos, aparecen cualquiera que sea la acción mecánica a que es sometido el foco de fractura.

Además dice, que en los casos sometidos a tracción o presión la actividad osteogénica de la médula, con arreglo a las ideas de BIER, es más precoz y más intensa que la del cambium.

La consolidación es más precoz y robusta en los casos de presión y el callo perióstico es menos activo en la tracción.

Confirmando las ideas de PAUWELIS concluye que el hueso se forma allí donde el foco esté en reposo, pues la movilidad de los fragmentos destruye o impide la neoformación ósea.

Interposición de partes blandas.- Clásicamente se las considera como la causa principal de pseudoartrosis.

Para BIER, esto no es suficiente, ya que a veces el callo presenta fibras musculares incluídas en el tejido óseo del callo. LEXER afirma, que para impedirse la consolidación es necesario que las fibras musculares interpuestas conserven su vitalidad, mientras dura la hiperemia del foco.

Factores físico-químicos.- Aparte de las modificaciones locales determinadas por los cambios de ph, o como consecuencia de la alteración de estos, ya sea por una persistencia de la acidez o por una prematura alcalosis, se han tratado de inyectar en el organismo o específicamente en el foco, sustancias que se sabe son necesarias para la osificación. CARASSI, después de la inyección focal de soluciones oleosas de colesterol, observa aceleración de la fijación de las sales de calcio, con gran precocidad de aparición de cartílago. CRETIN indica, que inyecciones de calcio y silicio en determinadas proporciones entre el 5º y el 20 día aceleran la formación

del callo.

Otros autores han pensado que existe en el suero de convalecientes una substancia que activaría la formación del callo (Daubrovicesanu, Cosacesco y Guyot, etc).

Vitaminas.- Son interesantes, sobre todo la vitamina C y la D. La vitamina C aumenta la actividad celular mediante su gran capacidad reductora, especialmente actuando sobre los tejidos procedentes del mesenquima.

En la avitaminosis C, según Hojer y Hertz está muy disminuída la capacidad osteoformadora, con formación de escasa cantidad de tejido osteoide.

La carencia de vitamina D retarda la consolidación de las fracturas ya que esta es indispensable para que la fosfatasa libere el ácido fosfórico inorgánico, necesario en la fase de calcificación.

Hormonas.- Por su función de catalizadores, algunas tienen una acción indudable sobre el tejido óseo y la calcificación.

Los injertos de timo o la inyección de su extracto, acelera la formación del callo a expensas del tejido cartilaginoso, sin acelerar la osificación.

El tiroides parece tener una acción real y así Steindler y Bricher apreciaron un retraso en la consolidación de fracturas en los animales tiroidectomizados.

FONTAINE y colaboradores de sus trabajos experimentales deducen que los perros tratados con tiroxina consolidan sus fracturas más rápidamente que los tétigos, sin modificar los fenómenos histológicos más que en lo que se refiere a la rapidez evolutiva.

PANTKANTJEW y SCHTSCHERBINA confirman dichos resultados en el conejo y la rata.

Las paratiroides por su acción sobre el metabolismo del calcio parecen tener importancia y así los animales paratiroidectomizados evolucionan con retardo de consolidación y decalcificación del callo de fractura.

La hiperfunción glandular o la inyección de hormona, o no da alteraciones o cuando la administración es a pequeñas dosis la hormona excita la actividad osteoplástica (SELYE), pero sí se dan dosis mayores, al aumento de la actividad osteoblástica sucede el aumento de los osteoclastos con dominio de su acción lítica.

Es posible que esta hormona participe en la regulación fisiológica de la actividad fosfatásica del hueso y que la respuesta del esqueleto a una fractura sea debido a hipersecreción para tiroidea. Experimentalmente, en animales fracturados, la inyección de hormona paratiroidea provoca un aumento local de la actividad fosfatásica del callo y de las regiones vecinas. PARHON y LAURENENCO, demuestran un retardo de consolidación en las ratas paratiroidectomizadas. Para DANIS, la paratiroides provoca enlentecimiento en la formación del callo.

Las glándulas genitales tienen una influencia aún no definida, ya que los resultados obtenidos de su implantación o extirpación son variables. Durante el embarazo se observa un retardo en la consolidación, aunque esta, parece más bien debido a la acidosis local que a la función ovárica.

MOFFATT y FRANCIS de sus trabajos experimentales concluyeron, que los estrógenos parecen prolongar el periodo de consoli-

dación de las fracturas, tanto en los animales castrados como en los no operados.

Con respecto a la hormona somatotropa, en 1937 PANKRATIEN inyectaba extractos pituitarios en los retardos de consolidación.

En 1938 BOURDE publica los resultados favorables de sus inyecciones intrafocales de hormonas anti-hipofisarias, que son confirmados por BAVOECCHI.

En 1953 LABORIT preconiza el empleo de esta hormona en las fracturas, pensando que actúa dificultando el catabolismo post-fracturario que altera la constitución de la red proteica del hueso

De una manera general, podemos decir que la hormona somatotropa actúa favorablemente sobre la consolidación.

La hormona desoxicoorticoesterona parece influir retardando la consolidación de la fractura, debido según FONTAINE al establecimiento de una osteogénesis imperfecta y con disminución muy sensible de la actividad fosfatásica local.

La cortisona, si bien para HARRIS estaba desprovista de efecto, los resultados de FONTAINE son concluyentes, demostrando que actúa en el mismo sentido que la D.O.C.A. aunque con un efecto inhibidor todavía más marcado. Y según el mismo autor, el efecto inhibidor se hace a través de las suprarrenales.

El A.C.T.H. como las precedentes determina una consolidación lenta, difícil y amenazante de llevar a la pseudo-artrosis.

En suma, la participación del sistema endocrino, si bien parece lógicamente probable, es muy mal conocido para deducir de el conclusiones clínicas aplicables a la práctica diaria.

Vascularización del callo de fractura.- Comenzaremos por el hematoma interfragmentario, que para BIER actuaba como excitante para la formación del tejido conjuntivo embrionario. LEXER considera nocivos los grandes hematomas porque dificultan la hiperemia reaccional y dan lugar a la formación de tejido fibroso duro.

Si bien el hematoma tiene su influencia para la consolidación de la fractura, este no es indispensable para la formación del callo considerándose de mayor interés la existencia de una suficiente circulación sanguínea a nivel del foco.

Para LEXER la curación de una fractura depende de la vascularización del foco, de la neoformación vascular y de la hiperemia reaccional, gracias a las cuales se forma el tejido de granulación y se favorece la nutrición y desarrollo de los osteoblastos.

Por esto, el callo óseo, se forma y consolida más rápidamente en los puntos de hueso donde existen masas musculares e inserciones tendinosas, por el gran número de vasillos que proceden de estos.

Como veremos en otro capítulo, la vascularización del hueso largo procede de tres puntos: a) La red epifiso-metafisaria. b) La red medular, con la arteria nutritiva principal y las secundarias. c) La red perióstica.

Al provocarse una fractura es rota la nutritiva principal y se altera la perióstica de forma que el aflujo vascular local quedaría dificultado especialmente en el fragmento distal, lo que lleva a la clasificación de las fracturas en cuatro grupos;

a) Fracturas con buena irrigación de sus fragmentos, en los cuales la reacción hiperémica y la formación de tejido de granula-

ción se forman sin dificultad.

2a) Fracturas con escasa irrigación de un fragmento, como ocurre en las fracturas del tercio medio-inferior tibial en que la vascularización perióstica es precaria y por tanto se nutre sobre todo por medio de la nutricia principal. Al producirse la fractura con lesión de la nutricia, el fragmento distal queda mal irrigado y la proliferación del tejido de granulación, así como la formación de callo es lenta pues tienen que efectuarse casi solo a expensas del fragmento proximal.

3a) Fracturas con escasa irrigación en los dos fragmentos, como ocurre en el foco distal de la doble fractura diafisaria de tibia, pues el fragmento intermedio queda solo irrigado por los vasos periósticos.

4a) Fracturas con irrigación nula de un fragmento y entonces el vascularizado tiene que revitalizar el otro al igual que ocurre con un injerto.

Estas ideas son defendidas por la mayoría de los autores, y así ~~LEXER-DEKESKAMP~~ nos hablan de la existencia de una considerable proliferación vascular hasta la cuarta semana, que después disminuye, sobre todo a base del periostio, pues pasado este tiempo aparecen abundantes ramas de la nutricia. Según Lexer los vasos periósticos crecen en el foco hasta la cavidad medular de los fragmentos dislocados y de este modo favorecen los comienzos de la formación del callo medular.

Para FONDA y GIORDANO (1957) la hiperemia activa y la neoformación vascular se localizan en las partes blandas paraóseas, en la médula, periostio y en menor grado en la cortical. La red vascular

presenta su máximo desarrollo a los 30 días con disposición irregular y asimismo de sus estudios en las fracturas de la tibia en el cavia, a nivel del tercio medio-inferior, demuestran que en el fragmento inferior no aparecen sensibles modificaciones en la red vascular diafisaria. de finos elementos.

Esto hace suponer la existencia de amplias comunicaciones entre los vasos diafisarios principales y secundarios, los vasos epifisarios y los corticales, observaciones que tienden a alejarse del concepto de que la curación de una fractura está en relación directa de las condiciones vasculares locales.

En las fracturas del antebrazo, observan una hiperemia más intensa y precoz, con más rica neoformación de vasos que en fracturas con otra localización, y a pesar de ello la consolidación de estas es más lenta y con frecuencia complicada de retardos de consolidación y pseudoartrosis.

Para estos autores al comienzo de la fase de osificación, coincide con la aparición en el callo de zonas avasculares, para TRUETA los vasos parecen ser los agentes principales de todo mecanismo de osificación.

Ellos observan además que la hiperemia y la regeneración vascular están en relación con la proliferación conjuntiva pero no con la osificación del callo. Lo cual hace suponerles que exista cierto antagonismo entre la proliferación vascular y la osificación; antagonismo que mostraba su expresión objetiva en las zonas avasculares que citábamos más arriba.

Pensando en la beneficiosa influencia de la hiperemia en la formación del callo, KAPPIS pensó en la simpatectomía periarterial



en los retardos de la consolidación para activar la formación del  
callo obteniendo resultados satisfactorios. LEYER en cambio, que  
extirpaba la cadena simpática, encontró resultados opuestos, explica  
ble porque con la gangliectomía se prolongó la hiperemia más  
tiempo del debido, persistiendo la fase de decalcificación.

## VASCULARIZACION DE LA TIBIA Y PERONE

Hace ya muchos años que empezó a preocupar a los investigadores este problema de la vascularización ósea, y en especial la de los huesos largos.

Como es natural, los trabajos se centran en la distinta importancia que es atribuida al aporte arterial de los huesos largos, con respecto a la arteria nutricia, las arterias que penetran por las epífisis y la red perióstica.

Los antiguos dan preferencia a la perióstica y así OLLIER (1867) apoya esta idea, basado en sus estudios de regeneración ósea. Siguiendo las mismas directrices, son publicados los trabajos de BARKOW (1868). LANGER (1876). TESTUT (1880). LEXER (1882) y KOLODNY (1923). Pero en 1914, MOORE y CORBETT empiezan a poner en duda esto, después de publicar su trabajo sobre la escasa importancia que tenía la circulación perióstica en la curación de las fracturas, y más tarde DRINKER y LUND (1922) discuten la idea clásica, basados en los experimentos de inyección hechos como preliminar a los estudios de perfusión. JOHNSON (1927) da al aporte perióstico una importancia secundaria y BRUNSCHWIG (1930) no consiguió demostrar infartos en la tibia, después de extirpar todo el periostio diafisario a quince perros.

El punto de vista sostenido por estos últimos autores es seguido por HARRIS (1933). KISTLER (1934). WOOD-JONES (1946). MARNEFFE (1951). WATSON-JONES (1952) y LAING (1953), que dan importancia principal a la arteria nutricia en el esquema de vascularización ósea. GRAY (1954). TESTUT-LATARJET (1948). CUNNINGHAM (1951) y

HAM (1932), admiten una anastomosis libre entre las terminaciones de esta arteria y el sistema perióstico.

A pesar del numeroso grupo de autores que hemos citado, pocas son las descripciones anatómicas exactas (MENEFFE 1951, FRACASSI 1954, BROOKES (1957) y algún otro) que sobre el sistema arterial óseo, han sido publicadas, si exceptuamos las que se refieren a la cabeza y cuello femorales.

Pero si bien al sistema arterial se le ha dado gran importancia, el drenaje venoso ha atraído escasa atención. Y así LANGER (1876) señala que hay más venas que salen del hueso que ramos arteriales penetran en el mismo. RUSTIZKY (1872) y BIZZOZERO (1869), apuntan la existencia de una vena central medular, después de sus trabajos en ranas el primero y el último sobre la tibia del conejo

LAMAS, AMADO Y DA COSTA (1946) insisten en la existencia de lagos venosos localizados en el tejido esponjoso de las extremidades de los huesos largos, mientras MARNEFFE (1951) describe un canal venoso central a lo largo de la médula.

Con esta introducción podemos deducir las opiniones tan dispares que han existido sobre el problema, lo cual ha llevado a un grupo de autores (BROOKES, HARRISON, TRUETA, MACNAB, MARNEFFE, etc) a realizar un estudio profundo del mismo, tanto desde el punto de vista macroscópico como microscópico.

Las técnicas empleadas, son aquellas indicadas en otro apartado de este capítulo.

Por lo que se refiere a los datos macroscópicos obtenidos del conejo por BROOKES (1957), sobre el aporte arterial a la tibia y peroné, la epífisis tibial proximal es penetrada en la porción

preespinal por dos arterias intercondilares anteriores, derivadas de la rama articular de la arteria «suprema genu».

Las caras laterales de esta epífisis son perforadas directamente por nutricias que tienen su origen en las arterias genicular medial y lateral inferior. La última envía asimismo unas pocas ramas que descienden por la cara superficial de la epífisis peronea superior que está unida a la tibia.

La metafisis proximal tibial, está rodeada de una red periós-  
tica abundante, que en las superficies medial y lateral, se forma por colaterales de la rama articular de la arteria «suprema genu», la arteria genicular medial inferior y la recurrente tibial anterior. Desde la cual descienden nutricias que atraviesan la cortical, mientras que otras caminan anteriormente para penetrar en la tuberosidad tibial. Además está anastomosada con las ramas periós-  
ticas transversas de la arteria safena. Esta arteria se corresponde en el hombre con la arteria anastomótica magna, rama de la femoral superficial, que da sus ramos terminales antes de llegar a la articulación de la rodilla.

En la cara posterior de esta metafisis, son numerosas las nutricias que atraviesan el hueso, las cuales derivan, unas directamente de la arteria tibial anterior, mientras que otras, lo hacen de la red periós-  
tica formada por ramas de la tibial anterior y de la genicular medial inferior. La arteria nutricia principal de la tibia, derivada de la tibial anterior, contribuye igualmente a la red descrita más arriba, y desciende por la cara posterior del hueso antes de alcanzar el canal nutricio, situado a 5 m.m. por encima del nivel de la sinostosis tibio-peronea. Una segunda arte-

ria principal nutricia es emitida por la tibial anterior y penetra en la cara anterior justamente por debajo del nivel de la fusión tibio-peronea.

La diáfisis de la porción fibular del hueso parece no tener arteria nutricia de su propiedad.

Siguiendo nuestra marcha descendente, la arteria tibial anterior da constantemente un vaso perióstico que camina por la cara posterior del hueso, y se divide en dos ramas, que descendiendo toman parte en la anastomosis circular del tobillo. Otras arterias que ayudan a formar esta estructura son la arteria tibial anterior, su rama peroneal y la medial y lateral plantar que tienen su origen en la arteria safena. Desde allí se forman arterias nutricias que perforan la epífisis inferior alrededor de todo su borde, mientras que otras lo hacen para la metáfisis.

En el hombre y siguiendo los cuidadosos estudios realizados por nuestro compatriota ECHEVERRI (1958). La tibia, en su extremidad superior es muy rica en orificios nutricios, especialmente la superficie preespinal, con 60 a 80 agujeros, alguno de los cuales llega a un diámetro de milímetro y medio. La superficie retroespinal está menos irrigada, tanto en lo que respecta al número como al calibre de los vasos.

En las tuberosidades tibiales, es la interna la que presenta mayor número, llegando a veces a sesenta o noventa agujeros nutricios. La externa con veinte o treinta, en su mayoría no sobrepasan el tercio de milímetro.

La diáfisis tibial, al igual que todas las diáfisis, tiene es casos orificios, de los cuales, uno presenta el máximo calibre y

conduce a la arteria nutricia.

De sus tres caras, la posterior presenta mayor número de agujeros vasculares, especialmente en el tercio superior. En ella se encuentra el canal nutricio de primer orden, con calibre de 1.5 a 2 m.m. de diámetro y con dirección oblicua de arriba abajo y de atrás a delante, localizándose por debajo de la línea oblicua de la tibia.

La localización preferente de los orificios vasculares en el tercio superior, viene a estar en relación con las numerosas inserciones musculares situadas en esta zona.

El extremo inferior de la tibia, está más perforado en la cara externa y todos en general con calibre pequeño.

El peroné se caracteriza por una gran pobreza de orificios vasculares en la diáfisis, los cuales son además de reducido tamaño. El agujero nutricio principal se localiza casi siempre en el tercio medio de la cara posterior.

Las extremidades de este hueso, presentan gran número de orificios, especialmente la epífisis distal.

El aflujo hemático llega a estos huesos a través de una serie de vasos, que para la tibia, las arterias se disponen a manera de un círculo arterial formado por las recurrentes tibiales anteriores e internas, el tronco tibio-peroneo y la tibial anterior. El círculo del peroné se forma por la recurrente tibial posterior y la recurrente peronea.

La arteria nutricia principal diafisaria de la tibia tiene su origen en el tronco tibio-peroneo y la de la diáfisis peronea en la arteria del mismo nombre.

El extremo distal presenta un sistema vascular, formado en la cara anterior por dos troncos arteriales, como son el de la tibial anterior en el plano interno y el de la peronea anterior en el externo, ambos unidos por una arteria transversal anastomótica, análoga a la que en el plano posterior une a las arterias tibial y peronea posterior. Por dentro, la tibial anterior suministra la maleolar anterior e interna que se distribuye en el maleolo tibial. Por fuera, la maleolar anterior y externa, que tiene su origen en la peronea anterior y va a distribuirse por el maleolo peroneo.

En la cara posterior y con parecida disposición, se encuentran la tibial posterior y la peronea posterior, que dan las maleolares posteriores interna y externa. Estas cuatro arterias maleolares descritas, forman anastomosándose a nivel de las superficies óseas un círculo perimaleolar, a cuyas expensas se irrigan los extremos inferiores de la tibia y peroné.

Aparte de estos vasos descritos, de troncos principales y secundarios, parten las arterias que han de vascularizar a los músculos, y de los cuales en último estadio, salen vasos para incrementar la red perióstica.

El drenaje venoso, para BROOKES en el conejo, tiene caracteres parecidos a los del femur. Una vena sale desde el borde peroneo de la diáfisis, por debajo de la sinostosis, y drena en la vena peronea. En la cara posterior de la tibia, dos y a veces tres grandes venas salen del hueso. Una, situada a nivel del punto más bajo de la tuberosidad tibial y las otras están en posición subcondilar, drenando todas en la vena tibial anterior. Otros grupos venosos más pequeños drenan las epífisis.

VASCULARIZACION PROPIA DEL HUESO.- En la tibia del conejo, la arteria nutricia, después de pasar el canal nutricio sin dar colaterales, al llegar al canal medular se divide en una rama ascendente y otra descendente, y en tales casos la nutricia diafisaria secundaria es una sola rama descendente; pero cuando esta arteria secundaria se divide en dos principales canales descendentes, puede faltar la rama descendente de la nutricia principal. En la proximidad del canal nutricio de un hueso largo, pueden visualizarse algunos vasitos que surgen de las ramas de la arteria principal, con dirección más o menos transversal hacia el endostio de la compacta donde ellos se curvan y recorren una corta distancia.

Las ramas terminales llegan a la región metafisaria, donde se dividen en numerosos vasos finos, que se anastomosan, a través de la línea de unión epifiso-metafisaria, con otros derivados de las arterias epifisarias.

Por tanto, las arterias de todo el hueso están en continuidad (BROOKES), siendo improbable la idea de HARRIS (1933) de que las arterias nutricias de la metáfisis sean terminales.

Las secciones transversales de la diáfisis demuestran, como las más pequeñas arterias de dirección transversa pasan a la zona periférica medular donde se anastomosan con otras y dan nacimiento a finos vasos que perforan la cara endostal de la compacta, arborizándose irregularmente en la zona cortical, donde los capilares caminan por los canales de Havers, que a su vez están anastomosados entre ellos por comunicaciones transversales.

Con respecto al aporte arterial perióstico en el conejo, BROOKES y HARRISON (1957), lo consideran como un factor despreciable en



la vascularización de los huesos largos, ya que en las mismas condiciones en que se visualizan los vasos endostales entrando a la corteza, no son vistos los vasitos que llegan desde la superficie perióstica, excepto algunos raros vasos, que pasan a través de la cortical para unirse a la red anastomótica endostica.

Por tanto, la cortical de un hueso largo, no depende de los canales arteriales periósticos para su nutrición. Estas ideas son contrarias a la opinión de OLLIER (1867) que resalta la importancia del periostio en lo que respecta al aporte vascular y que fué seguido por LANGER (1876), TESTUT (1880), LEXER (1922), KOLODNY (1923) y otros.

GRANJON (1955), al menos en el adulto, admite dos vías de aporte; la nutricia y la red perióstica.

La primera, va destinada esencialmente a la médula, aunque de esta red nacen vasos finos que ganan la cara profunda de la cortical diafisaria, distribuyéndose en los canales de Havers para encontrarse con las ramas periósticas.

Además en el tejido metafisario, en el animal en crecimiento, los ramos terminales de la nutricia desarrollan una abundante red subcondral en la vecindad del cartílago de conjunción (MARNEFFE). Por tanto, la arteria nutricia es sobre todo medular y metafisaria.

La red perióstica es considerada, por GRANJON, como la fuente principal de la vascularización ósea y proviene sobre todo de los vasos musculares vecinos a nivel de sus puntos de inserción. Está formada por un sistema continuo alrededor del hueso, al cual envía ramos epifisarios, metafisarios y diafisarios, siendo por tanto la que asegura al hueso compacto lo esencial de su vasculari-

zación en las partes diafisaria y metafisarias. A nivel de las epífisis, la red perióstica abastece por sí sola el aporte arterial.

La anastomosis entre las dos redes descritas se realiza en la cortical, pero mientras la circulación intramedular puede ser suprimida sin sufrir la vascularización cortical, no ocurre lo mismo con la perióstica, pues el desperiostizamiento extenso determina necrosis óseas.

Para BROOKES y HARRISON, si bien el sistema medular alimentado por la nutricia, metafisarias y epifisarias, es el importante para el aporte hemático de los huesos largos; en el conejo, la arteria nutricia principal no es de vital importancia porque el sistema arterial medular puede acomodarse rápidamente a la dependencia de las arterias metafisarias solo. Este sistema de anastomosis intensa entre el sistema nutricional arterial principal y el metafisario ha sido puesto de manifiesto por MACNAB (1957).

TRUETA y CAVADIAS (1955) dan importancia primordial a la vascularización de la nutricia, apoyados en las zonas de necrosis que aparecen al realizar enclavamientos intramedulares.

Para MARNEFFE la compacta es irrigada por los dos sistemas reconocidos por GRANJON, aunque la importancia de estos sistemas varía con la localización. En la parte proximal los capilares corticales provienen en su mayoría de la cavidad medular y orientados oblicuamente hacia abajo y afuera.

En la parte media, participan un cierto número de capilares periósticos, con menos aporte medular. En la extremidad inferior la circulación medular ha desaparecido y los capilares corticales, dirigidos hacia abajo y adentro, dependen únicamente de la red perióstica.

Las observaciones experimentales de este autor, le llevan a sospechar de que las arterias nutricias no intervienen más que muy poco en la irrigación de la cortical diafisaria.

Finalmente, en apoyo de la teoría perióstica de GRANJON, está el hecho de que las zonas de vascularización pobre, serían puntos peligrosos de consolidación y coinciden con los lugares donde no existe inserción muscular o tendinosa.

El sistema venoso diafisario está formado por el seno venoso central y está drenado por las venas que salen de este seno, caminando por el canal nutricio con la arteria o por caminos autónomos de las metafisis a través de los orificios que perforan las extremidades.

Este canal venoso central tiene numerosos ramos transversales que radian hacia el endostio y que junto con él drenan los sinusoides medulares. La red venosa endostal está en continuidad con los vasos que atraviesan la corteza y probablemente se conecta con la capa capilar osteogénica del periostio.

Como este canal central está falto de muscular media (MARNEFFE), se puede hablar de seno venoso central.

El sistema venoso de la cortical ha sido descrito variablente. LANGER (1876) reclamaba que por lo menos una arteria y una vena pueden encontrarse en cada canalículo y a menudo tres o más de tamaño capilar.

LACROIX (1951), establece con seguridad que son uno o dos capilares en cada canal de Havers, y MARNEFFE (1951) describe para los de VOLKMANN un tubo endotelial rodeado por una fina adventicia

MAXIMOW y BLOOM (1952) concluyen que cada canal de Havers lleva uno o más, generalmente dos, que son capilares o vénulas post-capilares y muy raramente una arteriola.

## **MÉTODOS DE ESTUDIO DE LA VASCULARIZACIÓN ÓSEA**

---

Paralelo a los trabajos sobre la vascularización del hueso, van los métodos utilizados para el estudio de la misma. Y así dejando un poco al lado, aquellos publicados en el siglo diecinueve por **PALLETTA** (1820), **COOPER** (1823), **SAPPEY** (1869), **LANGER** (1876), **TESTUT** (1880), etc., pasamos al siglo actual, en que **LEXER** y **DEL KESKAMP** publican en 1915 un estudio radiográfico de la vascularización ósea y callo de fractura previa inyección de una emulsión de trementina y mercurio.

Pasados varios años se publican los trabajos de **Harris** (1933) **KISTLER** (1934) **WOOD-JONES** (1946), y los muy interesantes de **MARNEFFE**, **WATSON-JONES** y **LAING** que utilizan una suspensión acuosa de sulfato de bario, evitando las presiones excesivas que puedan llenar el sistema venoso. **MARNEFFE** emplea además para la inyección, tinta china gelatinada y otras sustancias opacas a rayos X, sobre todo materias plásticas como el Neoprene.

**SHOLDER** (1953), para demostrar la vascularización del carpo, inyecta tinta china a través de la interósea anterior, de la radial o de la cubital o por las tres simultáneamente. Los resultados son idénticos cualquiera que sea la vía, si se perfunden las arterias por debajo de una ligadura hasta que los tegumentos estén negros y la tinta salga por las venas. La cantidad de contraste utilizada varía de 10 a 30 c.c. por muñeca.

En el mismo año, **TRUETA** publica su primer trabajo sobre el aporte vascular de la cabeza del fémur, siguiendo la trayectoria

de las técnicas empleadas para describir la vascularización renal, publicadas pocos años antes.

Así utiliza, la inyección de Azul Berlin soluble, con agua destilada en concentración del 2 por 100. Observando que los resultados eran mejores si la solución era acuosa, que cuando se hacía formando masa con gelatina.

El yoduro de plata coloidal, en concentración al 10 por 100. Es un buen medio de inyección, por rellenar hasta los vasos más finos y dar imágenes perfectas para las secciones observadas a luz directa. Presenta dos inconvenientes: la tendencia a salir de los vasos gruesos al practicar los cortes, y el aspecto borroso que presenta al ser examinadas las secciones por transparencia. Sobre el Azul Berlin tiene la ventaja de ser útil tanto para histología como para radiología.

Además utilizó otras sustancias como la tinta china Higgins Waterproof Black diluida al 25 por 100, con la que obtiene magníficos resultados.

Bismuto metálico coloidal al 10 por 100, aunque su densidad dificulta la inyección.

Oro metálico coloidal al 10 por 100 de muy buenos resultados especialmente para poner de manifiesto los vasos más finos.

Carbonato de bismuto en suspensión acuosa al 10 por 100.

Rojo de plomo ( $Pb_3 O_4$ ) en suspensión al 10 por 100 en agua corriente. Estas dos últimas sustancias tienen el inconveniente de la precipitación rápida, lo que obliga a agitarse bien antes de usarse.

La suspensión de sulfato de bario (Micropaque), utilizada pa

ra contraste radiológico es de máximo valor, como lo demuestra el haber sido empleada después en todos sus trabajos. A veces para obtener datos radiológicos e histológicos simultáneamente, asocia el Azul Berlin al 2 por 100 con el Micropaque.

Otro medio de inyección utilizado por este autor es el Neoprene Latex para conseguir moldes de los vasos. Esta sustancia fué introducida en el estudio de los vasos renales por LIEB (1940) y usada por DUFF y MORE (1944) y SHONYO y MANN (1944). De los moldes obtenidos por corrosión con ácidos, se pudo estudiar la morfología vascular de un modo que no era posible realizar con las piezas seccionadas o maceradas. Este contraste puede utilizarse en su color natural o teñido por distintos colorantes.

También ha usado el método de transparencia de SPALTEHOLZ, para con ayuda del microscopio binocular de disección, poder seguir el trayecto de los vasos.

En los estudios radiográficos adopta la técnica publicada por BARCLAY en 1947, empleando un tubo de difracción para cristalografía con anticátodo de molibdeno, ventanas de berilio y potencia de 15 KV y 20 mA. La película utilizada es Kodaline para los cortes gruesos, y piezas completas, y Maximum Resolución (Kodak) para los pequeños detalles de los cortes finos.

En los trabajos posteriores realizados por este autor, siempre utiliza una técnica parecida.

RUTISHAUSER, ROUILLER y VEIRAT en 1954, hacen sus investigaciones basándose en el examen de las piezas óseas maceradas para el estudio de los orificios vasculares. Como contrastes radiológicos emplean la inyección de uroselectan, minio, yoduro de sodio,

diodone, torotrast, sulfato de bario gelatinado, neoprene, etc. En la histología son partidarios de la tinta china.

En 1955 HARRISON, para estudiar el sistema venoso de drenaje óseo, inyecta lipiodol, diodone al 50 por 100 y sobre todo Micropaque en el tejido esponjoso. Estos trabajos fueron precedidos por Erhardt y KNEIP (1945) y DRASNAR (1946), seguidos por MALLET-GUY y MICEK (1949), LEGER y FRILEUX (1950) y OLIVIER (1950) que inyectan en el tejido esponjoso de la tibia y pubis, y posteriormente FISCHGOLD (1952) y TORI (1954), que lo hacen con diodone al 50 ó 70 por 100 en las apófisis espinosas o costillas.

En este mismo año los autores rusos PRIVES y LIKHACHERA publican un trabajo sobre los sistemas arterial y venoso del hueso, y en la misma revista, al año siguiente, MARZIKOV otro sobre el drenaje venoso.

SAMPAIO en 1956 y para su tesis sobre osteocondrosis de cadera, emplea el proceder de TRUETA en sus investigaciones, al igual que JUDET para el estudio de la cabeza del femur.

En 1957, BROOKES y HARRISON utilizan distintas diluciones de Micropaque y Torotrast, que inyectan por vía arterial a través de aorta, o retrógrada por las venas, a distintas presiones para realizar después estudios radiográficos.

ECCOIFFIER y colaboradores emplean la técnica de TRUETA con sulfato de bario a concentraciones variables, practicando las inyecciones bajo control radioscópico, calculando así la dosis, presión ejercida y colocación de ligaduras que impidan la inútil difusión del contraste.

LEMOINE utiliza Azul Berlin al 1 por 100 más dos partes de



Micropaque, inyectando la cantidad de contraste en c.c., según la mitad del peso del animal en hectógramos. La preparación de las piezas la hace según técnica de SPALTEHOLZ y las microradiografías con la de BARCLAY.

STRINGA y MACHAB siguiendo a TRUETA para sus estudios biológicos en el conejo, inyectan unos 100 c.c. de Azul Berlin al 2 por 100 y otras veces asocian este al Micropaque a partes iguales.

Los autores italianos FONDA y GIORDANO en sus experimentos sobre el cavia adulto usan 200 c.c. de tinta china al 50 por 100, para estudio histológico.

LAING, FERGUSON, etc., emplean  $P^{32}$  intravenoso a dosis de 5  $\mu$ C. de radiofósforo en 1 c.c. de agua, midiendo después de sacrificado el animal la cantidad de fósforo fijado, con el contador de Geiger. Asimismo han sido realizados estudios auto-radiográficos por otros autores.

En el año 1958, HALLIBURTON y colaboradores practican la irrigación previa con nitrito sódico al 1 por 1.000, inyectando después suspensiones de Micropaque y tinta china (tres partes de tinta más una de agua con 5 gr. de gelatina y 0.1 gramo de nitrito sódico por 100 c.c. de solución). Después hacen radiografías con malos resultados y emplean la técnica de SPALTEHOLZ para aclaramiento de las piezas.

DALE y HARRIS, inyectan previamente al contraste, una solución caliente de  $CaNa$  al 0.75 gr. por 100, oxalato sódico al 0.5 por 100 y nitrato sódico al 0.2 por 100, con función vasodilatadora y anticoagulante. Después administran una mixtura caliente con

30 c.c. de tinta china en 100 c.c. de gelatina al 5 por 100, y pasan las piezas inmediatamente al agua fría.

BUCKS, trabajando con fetos humanos utilizó para su investigación sulfato de bario al 50 por 100 en S.S.F. y presiones en la inyección de 40 a 100 m.m. de Hg.

En nuestro país, dos autores han publicado trabajos experimentales sobre este tema que estamos tratando.

CAMPILLOS REALI (1946), realiza un estudio radiográfico de la vascularización del cuello femoral. Como sustancia opaca a rayos X, utiliza el minio de plomo asociado a manteca de cacao en partes iguales y calentados previamente tanto la emulsión como la pieza, pasando después la última a cámara frigorífica. Los cadáveres que utiliza son recientes, y poco antes del contraste son inyectados con formol. Los resultados obtenidos son bastante mediores en cuanto a lo demostrativo se refiere.

ECHEVERRI, que ha publicado varios trabajos, utiliza como contraste sulfuro de mercurio rojo (Merck), 40 gr., aceite de trementina, 35 gr., aceite de oliva, 25 gr. y eter etílico 30 gr.

De esta manera creemos haber descrito someramente los distintas técnicas generales utilizadas en los trabajos más importantes publicados hasta la actualidad, quedándonos otros pormenores como sería el tratamiento del aparato circulatorio previo a la inyección del contraste, así como el tratamiento del hueso, antes de su estudio, esto es la fijación y decalcificación.

Con respecto al primer punto, ya hemos mencionado algunos datos de los autores, pero aparte de estos diremos que otros muchos han utilizado sustancias vasodilatadoras como el nitrito sódico al

10 por 100, calentado, así como el lavado previo de la red vascular con agua o solución salina fisiológica. En la actualidad pocos autores son los que practican el lavado, y con respecto al vasodilatador en general tratan de soslayarlo, ya que ningún medicamento puede tener una acción vasodilatadora más acentuada que el anestésico (Nembutal), utilizado para sacrificar al animal, cuando se trabaja en experimentación.

La fijación de las piezas, todos coinciden en utilizar el formol al 10 por 100 en solución acuosa o bien en S.S.F.

Con respecto a la decalcificación, son utilizados los métodos clásicos, ácido nítrico al 5 ó 10 por 100, ácido fórmico al 10 por 100 ó 15 por 100, ácido tricloroacético, ácido pírico, floroglucina con ácido nítrico, etc.

La inclusión, ya que por congelación es muy difícil cortar las piezas sin deshacerlas, se ha realizado en parafina y mejor aún en celoidina o en plásticos.

Y por último la tinción, o se examinaron los cortes sin tñir o tratados con hematoxilina de Ehrlich y eosina, hematoxilina férrica de WHIGERT y la mezcla de VAN GIESON, y a veces la coloración diferencial de los glóbulos rojos por el método de la floxin-tartracina.

Los cortes se han examinado por transparencia, tanto con el microscopio de un solo objetivo como por el binocular de disección, usado para la observación de los moldes de neoprene.

Algunos han empleado la estereomicrofotografía.

Resumiendo este capítulo, en él hemos descrito ampliamente la evolución del callo de fractura, tanto en su aspecto histológico como químico, y haciendo un especial hincapié en los factores que actúan en la formación del mismo.

En la segunda parte se estudia la vascularización de la tibia sana en el hombre y el conejo, tratando primeramente de los elementos vasculares que pudiéramos llamar macroscópicos, y después los íntimos del hueso, que como es natural son los que han planteado mas ardua discusión. Paradójicamente, las descripciones de mayor valia y profundidad están realizadas en el campo experimental, antes bien que en el hueso humano. Damos más amplitud a los trabajos que clásicamente o a nuestro juicio, hemos considerado mejores, y se expone la discusión existente entre la predominancia dada al aporte medular o periostico.

En el último apartado son descritas las técnicas empleadas por los distintos autores para estudiar la vascularización ósea, y en el concluimos que los estudios radiográficos son los que dan mayor número de datos, especialmente con la micro-radiografía o derivaciones de esta. Como contraste se ha utilizado sobre todo sulfato de bario (Micropaque), Neoprene, o sustancias coloidales a concentraciones variables según los elementos vasculares que interese visualizar.

De todos es conocido el valor de la histología en el estudio de la intima de los tejidos, pues bien, este caso no es una excepción y para ello son la tinta china y el azul Berlin los contrastes más frecuentemente utilizados.

Muy interesantes son las técnicas de transparencia de  
SPALTEHOLZ.

De menos valor en la actualidad, aunque con un futuro prometedor son los estudios auto-radiográficos de piezas inyectadas con sustancias radioactivas.

### C A P I T U L O   I I I

#### TRABAJO PERSONAL

Considerado el aporte vascular, como factor primordial en la evolución del callo de fractura, pensamos que este podía condicionar en ocasiones la lenta o no consolidación de algunas de ellas.

Como ya expusimos anteriormente, el trabajo va a referirse a las fracturas que afectan a la unión del tercio medio - distal de la tibia, para así estudiar simultáneamente: la vascularización del callo de fractura y de los tejidos que le rodean, las características de la misma en esta localización, y su posible influencia en la lenta evolución.

#### T E C N I C A

Hemos elegido el conejo como animal de experimentación, por sus condiciones de domesticidad, fácil manejo, resistencia y fundamentalmente porque el sistema circulatorio de la pierna es bastante parecido al del hombre según hemos podido observar en el capítulo correspondiente. Pero si bien en este aspecto, la similitud es grande, en lo que respecta a la dirección del eje de apoyo del miembro no ocurre lo mismo, ya que mientras el animal está parado, la tibia sigue dirección oblicua, y solo pasa por el eje vertical durante una fase de la marcha.

Además, el sistema óseo de la pierna del conejo se diferencia en que el peroné tiene su origen en la rodilla de manera parecida a como lo tiene el hombre, pero después, en vez de seguir hasta el tarso, hace una sinostosis con la tibia a nivel del tercio medio.

Y por último, este animal por ser cuádrupedo no apoya en un momento determinado todo el peso del cuerpo sobre una pata, sino que lo distribuye, cuando está parado entre las cuatro y durante la marcha lo hace sobre todas, por tanto la carga es menor.

Estos inconvenientes podían ser eliminados parcialmente al utilizar el perro como animal de experimentación, sobre todo en lo que se refiere al eje de apoyo; así lo hemos hecho en el comienzo de nuestros estudios realizados durante el curso 1957-58 sobre trece animales, pero a más de ser menos manejable, con frecuencia muerde la escayola hasta quitársela, gran inconveniente teniendo en cuenta que nuestra intención es valorar la evolución vascular del callo de fractura tratado ortopédicamente, esto es, con reducción manual, inmovilización enyesada y apoyo. Además, las cantidades de contraste a utilizar son muy superiores a las necesarias para el conejo.

Pensamos igualmente en el gato, por ser de menor tamaño y parecidas características de estática al perro, pero nos surgieron las mismas dificultades que en él.

Por tanto, decidimos elegir definitivamente el conejo cuando en el curso 1958-59 seguimos con nuestras experiencias, fracturándole una de las tibias a nivel de la unión del tercio medio y tercio distal

Utilizamos 50 conejos de las dos razas más frecuentes en España, la común y la gigante, con edad variable de los mismos, aunque siempre dentro de un margen de cuatro a siete meses, a excepción de uno de dieciocho. La alimentación ha sido variada, a base de cebada, alfalfa, salvado, etc., y el ambiente limpio, aireado y amplio para que el animal deambulase libremente.

La fractura se practica, previa anestesia troncular con novo-

caina al 0,5 por 100, actuando dos fuerzas por un mecanismo de -- flexión. Esta técnica produce en ocasiones fracturas abiertas y -- nos ha hecho perder algún animal, por constituir una vía de entrada para infección. En el intento de provocar la solución de continuidad manualmente fracasamos por completo.

Después, se obtiene un control radiográfico de las fractura para conocer la forma anatomopatológica de la misma, y a continuación previa reducción manual colocamos un yeso inalmohadillado que va desde la base del miembro hasta el extremo distal del mismo dejando libre solamente dos o tres uñas con su base de inserción para controlar el edema. Si queda una amplia zona al descubierto, el edema es habitual. La escayola se coloca con las articulaciones femoro-tibial y tibio-tarsiana en flexión, para evitar el acortamiento durante el apoyo en las formas oblicuas.

Seguidamente practicamos nuevo control radiológico que nos indica la reducción conseguida.

Todas estas maniobras afectan escasamente al animal, pues inmediatamente de seca la escayola y soltado, comienza a correr y comer al igual que lo hace pasado más tiempo.

Sólamente uno cayó en sopor, que atribuimos a la acción -- de la novocaina.

Durante el periodo de inmovilización, perdemos algunos animales por aparecerles diarrea que les lleva a la muerte en dos -- días, especialmente al principio, y que justificamos por la alimentación desordenada en el exceso de verdes.

Después corregimos ésta y cada siete días les administram sulfamidas del tipo de la guanidina para evitar las infecciones i



testinales tan frecuentes en esta especie.

Aparte de los animales de control, para ensayo de la técnica, el resto se divide en varios grupos cuyo periodo de inmovilización varía de 3 a 70 días.

Pasado este, los ~~conejos~~ son sacrificados con una dosis-letal intravenosa de Pentotal o Tiobarbital Sódico. Inmediatamente practicamos una laparatomía media y se disecciona la aorta por debajo de las arterias renales, procurando no lesionar vaso alguno e insertando una cánula en la arteria principal que se hace progresar hasta por encima de las iliacas, pasando una ligadura alrededor de la aguja y otra por encima del punto de penetración de la cánula.

Si bien al cateter puede introducirse hasta la femoral de la pata correspondiente, preferimos hacer la inyección por encima de la bifurcación para de esta manera rellenar el sistema vascular de ambos miembros y utilizarlos para un estudio comparativo. En alguna ocasión intentamos aprovechar el animal doblemente fracturándole ambos miembros, pero abandonamos inmediatamente esta sistemática porque los conejos no viven más de uno o dos días y además se pierde el módulo de comparación.

La inyección siempre es practicada con la escayola, si aún estaba con ella, pues cualquier herida que se produjera al quitarla, es un punto de pérdida de contraste y altera el relleno perfecto.

La presión nunca supera a los 150 m.m. Hg., para evitar la ruptura de capilares que alteren la preparación.

El líquido a inyectar varía de unos animales a otros.

Mezcla E.- Azul Berlin al 2 por 100.

Mezcla F.- Micropaque - Agua (1-2 partes).

Mezcla G.- Micropaque-Azul Berlin al 2 por 100 (1-1 partes).

Mezcla H.- Micropaque-Azul Berlin (1-2 partes).

Empleamos el Azul Berlin como contraste anatomopatológico y el micropaque para el radiológico.

La cantidad es la suficiente para que la parte proximal de las uñas tome una coloración azulada o blanca, dependiente de la mezcla utilizada. Esta siempre se emplea previo calentamiento discreto en baño-maría.

Después de inyectado, se desarticulan a nivel de la cadera los miembros posteriores y durante 24 horas son conservados en nevera. Al día siguiente, se elimina la piel y pasan las piezas a fijarse en formol-salino al 10 por 100.

Antes de hacer la radiografía con partes blandas, seccionamos el miembro a nivel de la rodilla y articulación tibio-tarsiana para dejar aislada la pierna.

La técnica radiográfica para el estudio de estas piezas es la siguiente: película Kodak o Mafe de radiografía clínica, empleando aparato de rayos X con anticátodo de Molibdeno, 35 KV. 10 mA, a una distancia de 40 cm. entre el foco y la placa, y con tiempo de exposición de tres segundos. (Técnica K).

Disecada la tibia de partes blandas, queda el hueso en formol-salino al 10 por 100 para continuar el proceso de fijación.

Después de lavadas, las piezas pasan al líquido decalcificante que unas veces es ácido nítrico al 5 por 100, otras ácido fórmico al 10 por 100 y más comunmente se utiliza el decalcificador electrolítico.

Conseguida la decalcificación y lavadas las preparaciones, vuel

ven estas al formol-salino, desde donde se toman para radiografiarlas con la técnica siguiente: Igual que la técnica K, con la modificación del tiempo de exposición.

Otras veces empleamos distinta técnica: Película Microtest Schleussner, con aparato de anticátodo de Cobre, 25 Kv., 15 mA., distancia F-P de 40 cm. y tiempo de exposición de 3 minutos (Técnica L).

A continuación se cortan estos huesos unas veces en sentido longitudinal y otras transversal a nivel del callo de fractura, y además cortes longitudinales de las dos epífisis proximal y distal, todos ellos con un grosor de medio a un milímetro, que se radiografían con la técnica siguiente: Película Kodak V-6028, aparato de rayos X con anticátodo de Wolframio, 20 Kv., 12 mA., distancia F-P de 18 cm. y tiempo de exposición de 15 minutos (Técnica M).

Estas preparaciones son ampliadas fotográficamente, y todas estudiadas en el microscopio, para obtener microfotografías de los campos interesantes.

Otras piezas o parte de las utilizadas en radiología se emplean para el estudio anatómo-patológico en cortes de 5 a 10 micras y teñidas con hematoxilina-eosina, de las cuales se hacen asimismo microfotografías.

## OBJETO DEL ESTUDIO

Expuesta la sistemática realizada, de ella puede deducirse la intención de nuestro trabajo.

1a) Exámen macroscópico de las pierzas.

2a) Estudio radiográfico de las mismas, con partes blandas, para investigar la influencia que el proceso reparador de una fractura puede tener sobre la vascularización de los tejidos blandos que rodean al verdadero callo de la misma. Para deducir estos datos se estudian ambas patas comparativamente.

3a) Radiografía de las tibias aisladas y previamente decalcificadas, para demostrar a «grosso modo» la vascularización del callo y estado de las arterias nutricias del hueso. Igual que en el apartado anterior, el estudio es comparativo entre el lado sano y el fracturado.

4a) Cortes longitudinales o transversales del callo, con el grosor de un milímetro que se radiografían para observar el aporte vascular al callo, sea perióstico, del fragmento proximal o del distal.

5a) Cortes longitudinales de ambas epífisis con el grosor de medio a un milímetro para estudiar radiográficamente la influencia que sobre las mismas pueda tener el proceso reparador de una fractura. Comparativo con el lado sano.

6a) Exámen anatomopatológico de cortes longitudinales o transversales del callo, con 10 micras de grosor, para estudiar los elementos vasculares.

## PROTOCOLOS

### CONEJO NUM. 1.- (CONTROL)

Raza: común; macho, blanco, edad: 5 meses.

Inyección en una vena auricular de 10 mgr. de heparina, y poco tiempo después, sacrificio con una dosis letal de pentotal i.v.

Laparatomía media y canulación de la aorta abdominal, previa disección.

Inyección de 150 c.c. de una suspensión calentada al baño-maria con 50 c.c. de Micropaque y 100 c.c. de Azul Berlin al 2 por 100. Cuando solo faltan 40 c.c. por inyectar incidimos la vena cava inferior, que drena ampliamente.

Paso de la pieza a nevera durante 24 horas.

Radiografía de la misma con la técnica K.

Eliminación de las partes blandas que rodean a las tibias y a un fémur, pasando a fijarse en formol al 10 por 100.

El otro fémur, después de limpiado se deja en una solución de floroglucina: 1 gr.; ácido nítrico 10 gr.; formol al 10 por 100; 100 c.c. (Sol. C) donde se decalcifica y fija simultáneamente.

Las piezas primeras pasan ~~después~~ a decalcificarse en ácido fórmico al 10 por 100.

Conseguida la decalcificación son lavadas en agua y al día siguiente <sup>se colocan en</sup> pasan de nuevo a formol al 10 por 100.

Con estas piezas se ensaya tipo de película (clínica de R.X. Kodaline, Schleussner), el tubo de R.X. a emplear (aparato clínico de radiografías, de radioterapia y de cristalografía con anticátodo de Mo, así como el kilovoltaje y la intensidad.

Se practican cortes de 0'5 a 1 m.m. de grosor, que se radiogra<sup>fi</sup>an sobre película Kodak-V-6028, con anticátodo de Molibdeno a distintas intensidades, distancia F-P y tiempo de exposición.

Cortes para estudio histológico por congelación con tinción por el método de hematoxilina-eosina.

Resultados.- La decalcificación con sol. C produce deterioro de las piezas, por lo que es desechada, mientras que el ácido fórmico no las altera, aunque prolonga el proceso de decalcificación.

Los aparatos clínicos de R.X. y radioterapia, son de resultados precarios, por lo que se abandonan.

El resto de las técnicas empleadas son aceptables.

---

CONEJO NUM. 2 (CONTROL)

R. común; Macho, gris pardo; 4 meses.

Sacrificio con dosis-letal de pentotal.

Canalización de la aorta e inyección de 150 c.c. de la mezcla H

Radiografía de las piezas con tubo de Rx con anticátodo de wolframio a distintas intensidades, tiempos y distancias, usando película Kodak clínica y Schleussner.

Eliminadas las partes blandas y decalcificadas las piezas, se radiografían las mismas con tubo de Wolframio a distintas intensidades tiempos y distancias, sobre película Kodak utilizada en clínica y Schleussner.

Practicados cortes de 0.5 a 1 m.m. de grosor, son radiografiadas sobre película Kodak V-6028 con tiempos, distancias e intensidades variables.

Inclusiones en parafina para estudio histológico con tinción utilizando hematoxilina-eosina.

Resultados.- Son en general aceptables con estas técnicas.

CONEJO NUM. 3 (CONTROL)

R. gigante; hembra, parda; 5 meses.

Sacrificio con dosis letal de tio-barbital.

Liberación y canalización de la aorta. Se inyectan 150 c.c. de la sol. F. calentada al baño maria.

Decalcificación con ácido nítrico al 10 por 100.

Radiografía de las piezas con partes blandas sobre película Ma-fe de la utilizada en clínica con tubo de rayos x con anticátodo de hierro, intensidades, tiempos y distancias variables.

Eliminadas las partes blandas, se radiografían las tibias decal-cificadas en condiciones similares a los del apartado superior.

Cortes de 0.5 a 1 m.m. de grosor son radiografiados sobre pelí-cula Kodak. Y-5028 en variables condiciones.

Resultados.- En general se obtienen imágenes de poca nitidez de líneas, especialmente para los cortes finos, por lo que se abandona este tubo de Rx.

La decalcificación conseguida con el ácido nítrico en general es buena y más rápida que con el ácido fórmico.



CONEJO NUM. 4.- (CONTROL)

R.gigante; hembra; 5 meses; gris-plomo.

Sacrificio con dosis letal de tio-barbital, con inyección previa de 3 c.c. de novocaina al 0'5 por 100.

Liberación y canalización de la aorta. Inyección de 150 c.c. de la sol. E.

Fijación y paso a decalcificador electrolítico.

Cortes para estudio histológico por congelación o previa inclusión en parafina.

Las <sup>figuras</sup>~~técnicas~~ se hacen con hematoxilina-eosina.

Resultados.- La novocaina no influye en el relleno del sistema vascular.

La decalcificación electrolítica es tan buena como la obtenida con el ácido fórmico.

La pieza se inyecta mejor utilizando la mezcla E, aunque el contaste sale fácilmente de los vasos al practicar los cortes.

## CONCLUSIONES DE LOS CONTROLES

Después de realizados estos cuatro controles, llegamos a las conclusiones:

1a) Considerar indicado el pentotal o el tio-barbital para sacrificio del animal con una dosis que no llega a los 10 centigramos.

2a) Inutilidad de inyectar vaso-dilatadores, pues el efecto v.d. del barbitúrico anestésico es suficiente.

3a) Indiferencia de administrar previamente heparina, que evitase la coagulación, ya que como el animal se inyecta inmediatamente de morir o cuando aún late debilmente el corazón, este problema no llega a existir.

4a) La decalcificación es buena con a. fórmico, a. nítrico o en decalcificador electrolítico.

5a) Las radiografías practicadas de las piezas con partes blandas eran óptimas si utilizamos las técnicas; Anticátodo de Mo, 35 Kv, 10 m.A distancia F-P de 40 cm. y tiempo de exposición de 3 a 5 segundos con película Kodak o Mafe (Técnica K).

Anticátodo de Cu. 25 Kv. 15 m.A, distancia F-P de 40 cm. y 3-5 minutos de exposición con película Schleussner (Técnica L).

6a) Las radiografías practicadas de las piezas decalcificadas son óptimas con las técnicas K o L descritas.

7a) Las radiografías de los cortes son óptimas empleando anticátodo de Wo, 20 Kv, 12 m.A, distancia F-P de 18 cm. y tiempo de exposición de 15 minutos con película Kodak V-6028. (Técnica M).

8a) Los cortes para Anatomía Patológica son buenos los obtenidos por congelación, con 5 a 10 micras de grosor.

CONEJO NUM. 5

R. comun; macho; gris; 4 meses.

Día 0.- Fractura de tibia  
Fractura transversal  
Reducción manual y enyesado

Día 2.- Está bien  
30. Se quita ensayola. No dolor en el foco.  
70. Sacrificio con dosis-letal de pentotal. Inyección de 150 c.c. de la mezcla G.  
Radiografía de la pieza con partes blandas con la técnica K  
Decalcificación con a. fórmico al 10 por 100  
Radiografía de las tibias decalcificadas con la técnica L.  
Cortes longitudinales del callo y epífisis que se radiografían con la técnica M.  
Cortes para Anatomía Patológica.

## R E S U L T A D O S

CARACTERES MACROSCOPICOS.- Aparece la tibia casi perfectamente reconstruída. Ligera desviación angular de convexidad dorsal. No existe hipertrofia a nivel de la concavidad. Acortamiento de unos 2 m.m.

Radiográficamente presenta una vascularización perifracturaria practicamente igual que en el lado sano. En ninguno de los dos miembros existen roturas vasculares con derrame de contraste.

VASCULARIZACION DE LA TIBIA.- La arteria nutricia principal penetra por su orificio de la cara posterior, poco después se divide y la rama inferior llega al callo de fractura, junto con la nutricia secundaria, donde se ramifica en una red de vasos muy apretada de la que surgen ramas hacia la metáfisis distal, por las que llega aflujo hemático desde la nutricia al fragmento inferior. Si no existe una reconstrucción de dicha arteria, en parte se debe a la cortedad del fragment

La rama superior asciende con nitidez hacia la metáfisis. Existen algunos derrames de contraste.

**VASCULARIZACION DEL CALLO.-** Observamos en la serie de cortes longitudinales con dirección anteroposterior, la llegada a la línea de unión de ambos fragmentos de la arteria nutricia principal y secundaria que son amputadas transversalmente en su grueso tronco, lo que indica la continuidad de la misma. En el fragmento distal, se observan dos vasos gruesos de curso descendente y además numerosos finos

La circulación perióstica en muchos puntos ha desaparecido por completo y las corticales se ven penetradas desde la medular de finos vasos con dirección centrífuga. El aporte perióstico, aunque escaso, aún existe en algún punto donde la reducción fué menos perfecta.

En el foco de fractura aún persiste una vascularización aumentada de dirección indiferente.

**VASCULARIZACION DE LAS ZONAS EPIFISARIAS.-** En la proximal del lado fracturado, se aprecian los dos sistemas limitantes del cartílago de crecimiento, metafisario y epifisario, en disposición regular, especialmente el primero. El metafisario aparece perfectamente dispuesto con las arborizaciones de las terminales de la rama ascendente de la nutricia principal más las propias metafisarias. Entre estas circulaciones limitantes parecen existir anastomosis debajo de la tuberosidad

En la epífisis distal, se observa en el lado metafisario y en su mitad interna, un tronco grueso diafisario que corre paralelo a la línea y vá dando múltiples vasitos finos perpendiculares directos. En el centro del cartílago existen vasos finos que unen las dos circulaciones metafisaria y epifisaria.

Laminas.- 23, 36a, 56b, 71c.

**CONEJO NUM. 6**

R. gigante; hembra; 5 meses; blanco y beige.

Día 0.- Fractura de tibia derecha  
Fractura oblicua con tercer fragmento  
Reducción manual y enyesado.

Día 3.- Alimentación normal. No edema. Buen estado de la escayola.

Día 15. Aparece muerto. A pesar de ello se inyecta con 150 c.c. de la mezcla E.  
Decalcificación en ácido fórmico al 10 por 100.  
Paso a Anatomía Patológica.

**R E S U L T A D O S**

CARACTERES MACROSCOPICOS.- No existe edema a nivel de la pata. Por palpación, se aprecia un callo no muy voluminoso y sin movilidad a nivel del mismo. No existe acortamiento y la coaptación interfragmentaria es termino-terminal. Desviación angular de concavidad anterior. No hipertrofia del callo sobre la concavidad. En la disección no descubrimos restos del hematoma fracturario.

CONEJO NUM. 7

R. gigante; macho; gris pardo; 5 meses.

Día 0.- Fractura de tibia derecha  
Fractura oblicua  
Reducción manual y enyesado.

Día 10. Está bien. No edema. Buen estado de la escayola.

Día 19. Comienza con diarrea.

Día 20. Mal estado general. Sacrificio con una dosis letal de pentotal  
Inyección de 150 c.c. de la mezcla H.  
Radiografía con partes blandas con la técnica K.  
Decalcificación en a. fórmico al 10 por 100.  
Radiografía de las tibias decalcificadas con la técnica K.  
Cortes transversales del callo y longitudinales de las epífisis, se radiografían con la técnica M.  
Cortes para Anatomía Patológica.

## R E S U L T A D O S

CARACTERES MACROSCOPICOS.- Por palpación, se aprecia un callo voluminoso, pero sin movilidad anormal sobre el mismo. Acortamiento de 3 m.m. No existe perfecta coaptación de las superficies fracturarias, ligera desviación lateral. Durante la disección se observa una intensa vascularización local.

Radiográficamente descubrimos una densa trama vascular en las partes blandas que rodean al foco de fractura, siguiendo una dirección tanto longitudinal como transversal. Algunas roturas vasculares con derramamiento de contraste.

VASCULARIZACION DE LA TIBIA.- Las arterias nutricias principal y secundaria llegan al callo hipertrófico, donde se forma una red vascular a la que se suman vasos de la periferia. La rama superior de la nutricia asciende con nitidez hasta la metafisis.

En el fragmento distal, existen vasos de dirección longitudinal, de mayor calibre en la parte proximal del mismo, pero ramificados en an

bos extremos, por un lado para formar la red vascular del callo y por el otro hasta la zona metafisaria. Derrames de contraste.

**VASCULARIZACION DEL CALLO.** En cortes transversales seriados, correspondientes a la porción alta del fragmento proximal se observa en la medular, aparte de los troncos principales, una red de vasos finos unida al endostio. El gran aporte perióstico se visualiza perfectamente y con neta dirección transversal.

Al descender, el calibre de los vasos gruesos va disminuyendo y las redes, medular y perióstica, se incrementan. La cortical aparece atravesada por finos vasos en ocasiones de dirección centrífuga y centrípeta.

Mas abajo, persiste la rica aportación perióstica, especialmente debajo de la línea de fractura, en que la medular es precaria. En curso descendente, reaparece de nuevo intensamente la medular, persistiendo la perióstica.

**VASCULARIZACION DE LAS ZONAS EPIFISARIAS.-** La proximal, presenta regularidad en la disposición de los dos sistemas vasculares limitantes del cartílago. La epífisis está recorrida por un grueso tronco arterial que vá dando arteriolas hacia el cartílago. En la circulación metafisaria, es interesante la penetración de los vasos metafisarios propiamente dichos, que se arborizan inmediatamente. También se ven llegar a esta última, los terminales de la nutricia ascendente.

En la distal, aparece el cartílago estrechado e interrumpido en el centro por paso de elementos vasculares desde la epífisis a metafisis y también periféricamente, pareciendo apreciarse aquí la arteria circunferencial que une las dos circulaciones. A la metafisaria llegan vasos gruesos procedentes de la diáfisis que se arborizan en sus terminaciones.

Laminas.- 36a, 47c, 47d, 48a, 48b, 65a, 65b.

CONEJO NUM. 8

R. común; hembra, blanco, 4 meses.

Día 0.- Fractura de la tibia izquierda.  
Fractura transversal  
Reducción manual y enyesado.

Día 1.- No edema. Dificultad para moverse.

Día 4.- Sigue anorético. Adelgaza. Diarrea.

Día 5.- No puede tenerse derecho, respira con dificultad. Sacrificio con dosis letal de pentotal.  
Inyección de 80 c.c. de la mezcla G.  
Al liberar la piel de las patas se aprecia en el lado del yeso, un relleno parcial de los grupos musculares.  
Decalcificación en a. nítrico al 10 por 100.  
Radiografía de las tibias con la técnica K.

#### R E S U L T A D O S

CARACTERES MACROSCOPICOS.- Edema de los tejidos que rodean el foco traumático. Por palpación no se aprecia callo realmente, y si gran movilidad de los fragmentos. En la disección de los tejidos blandos, aparecen restos del hematoma fracturario que disecan los planos de «clivage».

Radiográficamente, presenta un relleno incompleto del árbol vascular, por lo que ~~no~~ se deducen conclusiones.

VASCULARIZACION DE LA TIBIA.- Ocurre exactamente igual.



CONEJO NUM. 9

R. común; macho, blanco, 4 meses.

Día 0.- Fractura de tibia derecha  
Fractura oblicua, ligeramente abierta.  
Reducción manual y enyesado.

Día 3.- Se encuentra bien

Día 10- Alimentación normal, pero adelgaza

Día 11- Aparece muerto.  
Inyección de 50 c.c. de la mezcla E.  
Decalcificación con ácido fórmico al 10 por 100.

### R E S U L T A D O S

CARACTERES MACROSCOPICOS.- Restos de edema focal. Cello fibroso con movilidad anormal y un punto de osteitis o decúbito. Penetró escasa cantidad de contraste por lo que es prácticamente inaprovechable.

CONEJO NUM. 10

R. gigante; macho, gris pardo, 5 meses.

Día 0.- Fractura de tibia derecha.  
Fractura transversal con tercer fragmento y una pequeña herida superficial.  
Reducción manual y enyesado.

Día 3.- Se alimenta bien. No edema.

Día 6.- Sacrificio con una dosis letal de pentotal. Inyección de 150 c.c. de la mezcla H.  
Radiografía de la pieza con partes blandas con la técnica K.  
Decalcificación en ácido fórmico al 10 por 100.  
Radiografía de las tibias decalcificadas con la técnica K.  
Cortes longitudinales del callo y epífisis, que se radiografían con la técnica M.  
Cortes para Anatomía Patológica.

## R E S U L T A D O S

CARACTERES MACROSCOPICOS.- Se aprecia una zona infiltrada en los tejidos blandos que rodean al foco, sin definirse un callo verdadero. Movilidad anormal a nivel de la línea de fractura. Al eliminar las partes blandas, quedan aislados los fragmentos. Abundantes restos del hematoma fracturario tanto en el foco como a distancia, disecando planos de "olivage".

Radiográficamente, aparece en el lado afecto una vascularización parecida al sano, acaso puedan visualizarse algunos vasos más, pero sin nitidez suficiente para afirmarlo.

VASCULARIZACION DE LA TIBIA.- La arteria nutricia principal penetra con gran nitidez y es amputada a nivel de la línea de fractura, transversalmente. En el fragmento distal, solo se aprecia algún pequeño elemento vascular.

La porción ascendente de la arteria nutricia se ramifica con toda claridad en varios troncos que llegan hasta la zona metafisaria proximal.

VASCULARIZACION DEL CALLO.- Los cortes longitudinales permiten ver con nitidez la amputación de las arterias intramedulares principales en el fragmento proximal. En el distal solo algún pequeño vaso es posible visualizar.

VASCULARIZACION DE LAS ZONAS EPIFISARIAS.- Los cortes presentan a nivel de la proximal, un cartílago ancho limitado ~~irregularmente~~ por dos sistemas vasculares: el metafisario y el epifisario. A la metafisis llegan los vasos terminales de la a. nutricia ascendente.

En la distal, que también exhibe una línea nítida y limpia, limitado arriba por el sistema metafisario, <sup>el cual</sup> que es recorrido paralelamente por la arteria terminal diafisaria que da numerosos vasos en dirección perpendicular hacia el cartílago. En el sistema epifisario ocurre algo parecido.

CONEJO NUM. 11

R. común; hembra; gris pardo; 5 meses.

Día 0.- Fractura de tibia derecha.  
Fractura oblicua  
Reducción manual y enyesado.

Día 1.- Se encuentra bien. No edema. Buena deambulación.

Día 3.- Aparece muerto. Inyección de 100 c.c. de la mezcla E.  
Decalcificación en ácido nítrico al 10 por 100.  
Cortes para Anatomía Patológica.

### RESULTADOS

ASPECTO MACROSCOPICO.- El foco de fractura y médula ósea aparecen rojos, sin inyectar de contraste. Infiltración del hematoma entre los planos musculares.

ESTUDIO MICROSCOPICO.- No aparecen los vasos inyectados de contraste.

CONEJO NUM. 12

R. común; hembra; blanco-pardo; 5 meses.

Día 0.- Fractura de tibia derecha.  
Fractura transversal.  
Reducción manual y enyesado.

Día 2.- Nueva reducción de la fractura y escayola.

Día 10. Se encuentra bien. No edema distal.

Día 20.- Al quitar escayola presenta osteitis a nivel del foco.

**CONEJO NUM. 13**

R. gigante; macho; gris; 4 meses.

Día 0.- Fractura de tibia izquierda  
Fractura transversal  
Reducción manual y enyesado.

Día 2.- Nueva reducción por presentar acortamiento de 1 cm. Enyesado.

Día 15.- Se encuentra bien

Día 30.- Comienza con diarrea

Día 31.- Sacrificio en estado moribundo. Inyección de 100 c.c. de la  
mezcla E.  
Decalcificación en a. nítrico al 5 por 100.  
Cortes para Anatomía Patológica.

**R E S U L T A D O S**

**CARACTERES MACROSCOPICOS.-** A la palpación, se aprecia un callo duro y de mediano volumen, sin movilidad anormal. No existe acortamiento aunque sí desplazamiento lateral de los fragmentos. Angulación de concavidad interna de unos 25°. No hipertrofia del callo en la zona cóncava. Durante la disección de las partes blandas se observa buena vascularización en los puntos próximos a la línea de fractura.

CONEJO NUM. 14

R. gigante; macho; blanco-pardo; 5 meses.

Día 0.- Fractura de tibia izquierda.  
Fractura transversal con un tercer fragmento pequeño.  
Reducción manual y enyesado.

Día 8.- Comienza con diarrea. Dieta.

Día 15.- Está bien.

Día 30.- Sacrificio con dosis-letal de tiobarbital intraperitoneal.  
Inyección de 150 c.c. de la mezcla H.  
Radiografía de las piezas con partes blandas según la técnica K.  
Decalcificación en decalcificador electrolítico.  
Radiografía de las tibias decalcificadas con la técnica K  
Cortes longitudinales del callo y epífisis que se radiografían con la técnica M.  
Cortes para Anatomía Patológica.

## R E S U L T A D O S

CARACTERES MAUROSCOPICOS.- Eliminadas las partes blandas, se aprecia la existencia de un callo pequeño y sin movilidad a su nivel. No presenta acortamiento prácticamente, pero sí discreta desviación lateral aunque sin llegar al 50 por 100 del diámetro diafisario. Angulación discreta (15°) de concavidad externa con ligera hipertrofia del callo a nivel de la misma.

Radiograficamente; se observa un aumento de vascularización en las partes blandas que rodean al foco, aunque no en cantidad excesiva y siguiendo más habitualmente una dirección longitudinal.

VASCULARIZACION DE LA TIBIA.- Con un callo no voluminoso, se aprecia el descenso de las arterias nutricias principal y secundaria que llegan al foco de fractura donde se pierden en una densa red vascular. Desde esta, parten troncos gruesos que ramificándose lo hacen hasta la zona metafisaria distal. Desde la periferia se dirigen hacia la medular, finos vasos con dirección preferente transversal. La nu-

tricia ascendente se aprecia con toda claridad hasta su correspondiente metafisis.

VASCULARIZACION DEL CALLO.- Descendiendo por el fragmento proximal, llega hasta la línea de fractura la arteria nutricia principal y otro tronco, dando escasas colaterales con dirección oblicua, formándose una red densa y fina a la que llegan ramos desde los vasos que descienden por el fragmento distal que aparece bien vascularizado. El aporte perióstico no es muy acentuado, en muchos puntos con dirección indefinida y en otros transversal.

VASCULARIZACION DE LAS ZONAS EPIFISARIAS.- La proximal, presenta un cartílago de crecimiento no muy ancho pero sí claro a excepción de algún punto lateral dudoso de pasar algún vaso. A la metafisis, que no está muy densa de elementos vasculares, llegan los terminales del sistema diafisario medular.

La distal con un cartílago de conjunción poco neto en el centro y con altura regular, aparece limitado por dos sistemas vasculares con alguna rotura en los elementos finos. En la zona central pasan vasos finos a través de él. Los ramos diafisarios llegan hasta la metafisis.



CONEJO NUM. 15

R. común; macho; gris pardo; 4 meses.

Día 0.- Fractura de <sup>tibia</sup> pata derecha.  
Fractura abierta oblicua  
Reducción manual y enyesado.

Día 2.- Se encuentra bien.

Día 15.- Se encuentra bien.

Día 25.- Aparece sin escayola y con osteitis a nivel del foco.

CONEJO NUM. 16

R. común; macho; beige-blanco; 4 meses.

Día 0.- Fractura de tibia derecha  
Fractura transversal  
Reducción manual y enyesado.

Día 3.- Presenta acortamiento. Nueva reducción y enyesado.

Día 7.- Aparece muerto.

CONEJO NUM. 17

R. gigante; macho; blanco; 5 meses

Día 0.- Fractura de tibia izquierda  
Fractura oblicua  
Reducción manual y enyesado.

Día 3.- Se muerde escayola y aparece edema distal. Reforzamiento de la escayola.

Día 10. Cambio de yeso.

Día 40. Se retira la inmovilización. Ando perfectamente.

Día 60. Sacrificio con una dosis letal de pentotal i.v. Inyección de 150 c.c. de la mezcla H.  
Radiografía de las piezas con partes blandas con la técnica I.  
Decalcificación en ácido fórmico al 10 por 100.  
Radiografía de las tibias decalcificadas con la técnica I.  
Cortes longitudinales del callo y epífisis, que se radiografían con la técnica M.  
Cortes para Anatomía Patológica.

## R E S U L T A D O S

CARACTERES MACROSCOPICOS.- A través de las partes blandas, se aprecia un callo de fractura discreto. Acortamiento de 0.8 cm. Fusión de los fragmentos latero-lateral y ligera angulación anterior. No aumento del callo en la concavidad y muy ligeramente sobre la convexidad.

Radiográficamente: se observa un aumento de la trama vascular perifocal con dirección longitudinal y a veces transversal. No se descubren prácticamente roturas vasculares con derrame del contraste.

VASCULARIZACION DE LA TIBIA.- Penetran las nutricias principal y secundaria que llegan hasta el callo donde se forma una red de vasos finos con preferente dirección longitudinal y de donde parten los del fragmento distal que presentan cierto desorden. No se aprecia prácticamente red perióstica.

La rama proximal sigue un curso ascendente y con troncos definidos hasta la metafisis superior.

**VASCULARIZACION DEL CALLO.-** A la arteria nutricia descendente se la aprecia con nitidez perfecta, y por tener cortes seriados, se continúa su curso hasta el fragmento distal, donde dá varias ramas que llegan a la zona metafisaria, especialmente uno de ellos que corre paralelo al cartílago de conjunción dando vasos finos sucesivos para la metáfisis. En la zona de fusión interfragmentaria, existe una red de vasos finos que está incrementada por los que llegan del periostio en una zona en que la coaptación no era buena.

Aparte de puntos aislados, la circulación perióstica ha desaparecido, y si existe, es de preferente dirección longitudinal.

La arteria nutricia, en su curso descendente por encima del callo, dá escasas colaterales.

**VASCULARIZACION DE LAS ZONAS EPIFISARIAS.-** En la proximal, se aprecia una línea de cartílago de crecimiento sin bordeamiento regular de los dos sistemas limitantes, aparte de numerosas roturas de pequeños vasitos con derramamiento de contraste. Dos troncos gruesos dan colaterales en la epífisis y los diafisarios ascienden hasta la metáfisis donde se ramifican. Periféricamente se observan vasos que pasan de uno al otro lado.

En la distal, existen lagunas por retracción del tejido, pero a pesar de ello se aprecian las dos ramas inferiores del seno venoso y ramas arteriales que llegan hasta el cartílago de conjunción. La epífisis, es recorrida por vasos gruesos paralelos a la línea de crecimiento y de ellas se desprenden elementos finos hacia el cartílago.

Laminas.- 36a, 56b, 71b.

CONEJO NUM. 18

R. común; macho; gris-pardo; 5 meses.

Día 0.- Fractura de tibia derecha  
Fractura oblicua  
Reducción manual y enyesado.

Día 6.- Está perfectamente. No edema.

Día 15.- " "

Día 30.- Se quita yeso. Osteitis.

CONESO NUM. 19

R. gigante; macho; rubio; 6 meses.

Día 0.- Fractura de tibia derecha  
Fractura ligeramente oblicua.  
Reducción manual y enyesado.

Día 10.- Está bien.

Día 40.- Se retira escayola. Deambula bien.

Día 60.- Sacrificio con una dosis letal de pentotal i.v. Inyección de 150 c.c. de la mezcla H.  
Radiografía de las piezas con partes blandas según la técnica K.  
Decalcificación con decalcificador electrolítico.  
Radiografía de las tibias decalcificadas con técnica K.  
Cortes longitudinales del callo y epífisis, que se radiografían con la técnica M.  
Cortes para Anatomía Patológica.

## RESULTADOS

CARACTERES MACROSCOPICOS.- A la palpación, se apreciaba un callo muy pequeño. Eliminadas las partes blandas, el callo de fractura está muy bien formado y no hipertrófico, siguiéndose la continuidad ósea. Ligera concavidad anterior (10a), sin existir hipertrofia en dicha localización. Al realizar el corte del mismo se observa la línea de fusión con dos incrementos vasculares, uno proximal y otro distal.

Radiográficamente, descubrimos muy ligero aumento de la vascularización en relación con la parte normal de los tejidos blandos que rodean al foco. Algunas roturas vasculares con derrame del contraste, aunque siempre en pequeña cantidad.

VASCULARIZACION DE LA TIBIA.- Penetra la arteria nutricia con nitidez, que llega a la línea de fractura donde se ramifica, pero alguno de los vasos pasan directamente al fragmento distal, haciendo suponer la verdadera existencia de un aporte de sangre al fragmento dis

tal que proviene de la nutricia principal. Los vasos de este, se arborizan al llegar a la zona metafisaria.

La rama ascendente de la nutricia se presenta clara y limpia en todo su trayecto.

**VASCULARIZACION DEL CALLO.-** La arteria nutricia desciende hasta la línea de fractura, donde se arquea para penetrar en el fragmento distal y seguir por este aunque en ramo menos definido por existir algunas roturas con derrame del contraste. En la parte alta da numerosos vasos finos y nítidos que se dirigen al endostio invadiendo algunas partes de la cortical.

Más abajo, da varias colaterales, y a través de los espacios de no coaptación perfecta, se ven anastomosis a vasos gruesos con la circulación extracortical. Desde la circulación perióstica, que es muy escasa y de preferencia longitudinal, se ven vasitos finos atravesar la cortical. La vascularización del fragmento distal es muy nutrida.

**VASCULARIZACION DE LAS ZONAS EPIFISARIAS.-** En la proximal, se aprecia una línea de cartílago nítida, con una red epifisaria paralela al mismo, de numerosos vasos finos, que llegan hasta él. El sistema metafisario es muy regular, denso y gruesos troncos diafisarios se ven llegar a él. Es de notar, que el cartílago de crecimiento es atravesado por elementos vasculares finos sobre todo en la periferia.

La edistal, presenta un cartílago muy estrecho que se atraviesa por vasos en muchos puntos, con rotura de la línea limitante, tanto en el lado sano como en el fracturado.

La circulación epifisaria es muy densa en ambos lados, así como la metafisaria a la que se ven llegar las terminaciones diafisarias.

Laminas.- 22, 55a, 55b, 55d, 70a, 70c, 71a.

CONEJO NUM. 20

R. común; macho; gris pardo; 4 meses.

Día 0.- Fractura de tibia derecha  
Fractura oblicua  
Reducción manual y enyesado.

Día 6.- Se encuentra bien.

Día 17.- Cambio de escayola por edema.

Día 40.- Se quita enyesado.

Día 52.- Sacrificio con dosis letal de tio-barbital i.p. Inyección de 150 c.c. de la mezcla H.  
Radiografía de las piezas con partes blandas con la técn. K.  
Decalcificación en a. fórmico al 10 por 100.  
Radiografía de las tibias decalcificadas con la técnica K.  
Cortes longitudinales del callo y epífisis que se radiografían con la técnica M.  
Cortes para Anatomía Patológica.

## RESULTADOS

CARACTERES MACROSCOPICOS.- A través de los tejidos blandos y por palpación, se aprecia un aumento de volumen en huso del tercio medio de la tibia. Liberadas las partes blandas, aparecen zonas, especialmente en la cara interna del hueso, perfectamente reconstruídas. Prácticamente no existe acortamiento, pero sí angulación de unos 15° ~~mm~~ de concavidad dorsal. En la cara externa del hueso aún no aparece reconstrucción perfecta existiendo una zona de callo relativamente blanda.

Radiográficamente, se observa una vascularización similar al lado sano, acaso existen algunos vasos más sobre el borde peroneo de la tibia, en que la reconstrucción es menos nítida. No existen roturas vasculares con derrame de contraste.

VASCULARIZACION DE LA TIBIA.- Penetra el vaso principal del hueso sin presentar sus ramas gran nitidez debido a que se trata de una placa blanda, a pesar de ello se le ve llegar hasta el límite inferior



del callo, pero sin existir continuidad directa con los vasos gruesos distales, aunque sí a través de una red con formaciones de mediano ca libre, perfectamente visibles. La dirección preferente es longitudina. Se observan muy raros vasos periféricos y los que existen son finos y con dirección diversa.

VASCULARIZACION DEL CALLO. La arteria nutricia desciende nitidamente hasta el límite del fragmento distal, donde quedan cortadas sus dos terminales principales, y después a tramos cortados, parece continuarse con los vasos del fragmento inferior. La nutricia no está muy arborizada, aunque son apreciables varios vasos que se dirigen al endostio.

La circulación perióstica es escasa y con dirección más bien longitudinal. En el callo existen zonas aisladas de vascularización aumentada. El fragmento distal se encuentra bien nutrido.

VASCULARIZACION DE LAS ZONAS EPIFISARIAS.- En la proximal aparece un cartílago de mediana altura, limitado regularmente por los sistemas epifisario y metafisario que es muy denso. En la epífisis, un tramo arterial grueso pasa transversalmente desde la cara interna hasta cerca de la externa y da ramos hacia el cartílago articular y mas al de conjunción. A la metafisaria llegan ramos terminales de la diafisaria.

La distal, presenta el cartílago limpio y claro a excepción de algunos puntos muy periféricos en que existen vasos finitos. La circulación epifisaria y metafisaria no son muy densas observándose la llegada a la última de las ramas nutricias medulares.

CONEJO NUM. 21

R. gigante; macho, rubio; 4 meses.

Día 0.- Fractura de tibia derecha  
Fractura transversal  
Reducción manual y enyesado.

Día 6.- Está bien. No edema.

Día 15.- Se quita la parte distal de la escayola por presentar edema intenso. Aparece una pequeña escara superficial a nivel del foco, que aún tiene movilidad anormal. Nuevo yeso.

Día 34.- Al retirar la escayola aparece un foco de osteitis local.

CONEJO NUM. 22

R. común; macho; blanco y rubio; 5 meses.

Día 0.- Fractura de tibia izquierda.  
Fractura transversal  
Reducción manual y enyesado.

Día 6.- No edema. Buen estado general.

Día 15.- Empieza con diarrea. Sacrificio con dosis letal i.v. de tiobarbital. Inyección de 100 c.c. de la mezcla E.  
Decalcificación en s. fórmico al 10 por 100.  
Cortes para Anatomía Patológica.

### R E S U L T A D O S

CARACTERES MACROSCOPICOS.- A través de las partes blandas se aprecia un callo grueso, aunque no excesivamente voluminoso. Persiste movilidad en el foco de fractura. No hay acortamiento, debido a una coaptación casi perfecta entre los fragmentos. No existen angulaciones. La zona medular del callo se presenta bastante pálida.

CONEJO NUM. 23

R. gigante; hembra; blanco; 5 meses.

Día 0.- Fractura de tibia izquierda.  
Fractura transversal.  
Reducción manual y enyesado.

Día 5.- Por haber mordido el yeso, edema distal, cambio de parte de la escayola.

Día 18.- Persiste ligero edema distal.

Día 20.- Sacrificio con dosis letal de pentotal i.v. Inyección de 150 c.c. de la mezcla H.  
Radiografía de las piezas en partes blandas con la técnica Decalcificación en a. fórmico al 10 por 100.  
Radiografía de las tibias decalcificadas con la técnica K.  
Cortes longitudinales del callo y epífisis que se radiografían con la técnica M.  
Cortes para Anatomía Patológica.

#### R E S U L T A D O S

CARACTERES MACROSCOPICOS.- No edema local. A través de las partes blandas se aprecia un callo hipertrófico. Acortamiento de 0.5 cm. Desviación angular de concavidad externa. No hipertrofia a nivel de la misma.

Radiográficamente se observa intensa vascularización regional alrededor del foco de fractura en las partes blandas con dirección longitudinal y más aún transversal. No existen prácticamente derrame de contraste por rotura vascular.

VASCULARIZACION DE LA TIBIA.- La desaparición como tronco de la rama descendente de la arteria nutricia se hace inmediatamente de su división. Sobre el callo, se observa una densa red vascular de dirección indiferente, muchos de cuyos vasos penetran desde la periferia con trayecto perpendicular al eje del hueso. En el fragmento distal, existe un vaso grueso que se ramifica ampliamente por sus dos extremos, en el callo y la metáfisis.

**VASCULARIZACION DEL CALLO.-** Se aprecia en los cortes longitudinales y centrales, la llegada de la nutricia medular que es amputada cerca de la línea de fractura y después se ven ramos tortuosos y más finos que pasan al fragmento distal. Aparte de esta, existe un aporte vascular periférico con casi neta dirección transversal u oblicua hacia el centro del foco y que tiene su origen en elementos gruesos, siendo de intensidad parecida en toda su periferia.

Los cortes transversales, que siguen por abajo a los cortes longitudinales, muestran una red perióstica muy acentuada a su alrededor, con la excepción de una parte de la cortical, donde la trama central medular es más acusada, la cual en algunos puntos es de vasos gruesos. Desde la perióstica y medular, invaden la cortical varios canalículos. La dirección de la circulación perióstica es netamente transversal.

**VASCULARIZACION DE LAS ZONAS EPIFISARIAS.-** En la proximal existe una línea de cartílago estrecha pero regular y limpia excepto en el centro ~~en~~ donde parecen unirse los dos sistemas. En la epífisis, troncos gruesos la recorren transversalmente dando numerosas colaterales hacia ambos lados. En la metafisaria aparecen roturas vasculares con derrame del contraste, pero ~~ellos~~ ascienden vasos diafisarios, terminales, de la nutricia ascendente.

En la distal, con pequeños, pero numerosos derrames de contraste, queda mal definida la línea de crecimiento pues en el centro y la periferia es traspasada por vasos.

Laminas.- 19, 30a, 47a.

CONEJO NUM. 24

R. gigante; macho; rubio; 5 meses.

Día 0.- Fractura de tibia derecha  
Fractura transversal  
Reducción manual y enyesado.

Día 2.- No edema. Está perfectamente.

Día 20.- Continúa bien.

Día 50.- Sacrificio con dosis letal de tio-barbital i.v. Inyección de 150 c.c. de la mezcla H.  
Radiografía de las piezas con partes blandas con la técnica  
Decalcificación en decalcificador electrolítico.  
Radiografía de tibias decalcificadas con técnica L.  
Cortes longitudinales del callo y epífisis con la técnica M.

## R E S U L T A D O S

CARACTERES MACROSCOPICOS.- Dificilmente se aprecia el callo a través de los tejidos blandos. Eliminados estos puede observarse una reconstrucción casi completa del hueso, con la excepción de una zona en la cara dorsal donde aparece una escara por decúbito localizada. Afrontamiento termino-terminal casi perfecto de los fragmentos, sin existir por tanto acortamiento. Ligera angulación de convexidad dorso externa. No hipertrofia del callo en la concavidad y si ligera en la porción opuesta.

Radiográficamente, la pieza completa presenta un aporte vascular regional muy parecido al lado sano, sin aumento neto en la zona de de cúbito.

VASCULARIZACION DE LA TIBIA.- En el callo, con escaso grosor y de corticales practicamente reconstruídas, se aprecia la entrada por arriba, de la rama descendente de la arteria nutricia, y por debajo, de la zona obscura salen dos ramas tan nítidas, que hacen suponer la continuidad de la arteria. Prácticamente no existen vasos periféricos.

La parte proximal ascendente presenta caracteres normales.

La zona opaca corresponde al decúbito descrito.

**VASCULARIZACION DEL CALLO.-** Con un callo muy desaparecido en su periferia y las corticales casi reconstruídas, se observa ~~La~~ el descenso de la arteria nutricia principal; y siguiendo los cortes seriados, se demuestra su continuidad en el fragmento distal. La red vascular es muy densa en este fragmento.

Las arteriolas periféricas son escasas y con dirección anárquica aunque de preferencia longitudinal. Las corticales aparecen surcadas por vasos en algunos puntos.

**VASCULARIZACION DE LAS ZONAS EPIFISARIAS.-** En la proximal, se aprecia bien la línea metafisaria con perfecta definición de los dos sistemas vasculares limitantes, excepto en el centro, donde parece invadido por elementos procedentes de la metáfisis que es muy densa.

En la epífisis, hay elementos gruesos paralelos al cartílago con numerosos vasos que se desprenden en todo su trayecto. En la metáfisis se aprecia la llegada de los terminales de la nutricia ascendente y además elementos propios metafisarios.

En la distal aparece una línea de crecimiento mal definida por estar atravesada en muchos puntos por numerosos vasos. La epífisis propiamente dicha contiene elementos gruesos en todo el espesor. Desde la diáfisis los terminales<sup>a</sup> la rama nutricia medular llegan a la metáfisis donde se arborizan.

Laminas.- 34b, 53a, 53b, 70b, 70d.

CONEJO NUM. 25

R. gigante; macho; gris pardo; 4 meses.

Día 0.- Fractura de tibia derecha  
Fractura oblicua con tercer fragmento  
Reducción manual y enyesado.

Día 2.- Sigue bien. No edema.

Día 8.- " "

Día 10.- Aparece decaído. Sacrificio con dosis letal de pentotal i.v.  
Inyección de 150 c.c. de la mezcla H.  
Radiografía de las piezas con partes blandas con la técnica  
Decalcificación en á. fórmico al 10 por 100.  
Radiografía de las tibias decalcificadas con técnica K.  
Cortes longitudinales del callo y epífisis que se radiogra-  
fían con técnica M.  
Cortes para Anatomía Patológica.

## R E S U L T A D O S

CARACTERES MACROSCOPICOS.- No edema local. Aun existe movilidad a nivel del foco. Acortamiento ligero. Desviación angular del mismo con la convexidad dorso-externa. Pequeños restos del hematoma fracturario a distancia del foco. Callo de mediano volumen.

Radiográficamente; se descubre un aumento pequeño, de los vasos finos, a nivel del foco de fractura, algunos con dirección transvers. No existen practicamente roturas vasculares con derrame del contraste.

VASCULARIZACION DE LA TIBIA.- Eliminados todos los tejidos blan dos que rodean al hueso, se aprecia en la placa, la entrada y distri bución de las arterias nutricias principal y secundaria con toda nit dez, las cuales quedan amputadas en la línea de fractura y siguen des pués la misma dirección en el fragmento distal, hasta llegar a la zo metafisaria, donde se ramifican.

Las ramas ascendentes se observan muy bien.

VASCULARIZACION DEL CALLO.- Como se eliminaron todos los teji-



dos perifragmentarios, incluso los que formaban el callo, el estudio será incompleto.

Los cortes en <sup>los</sup> extremos de los fragmentos, indican la presencia de la arteria nutricia amputada a su nivel, comenzando a definirse muchos vasitos que se dirigen hacia la línea, que salen en oblicuo.

En el fragmento distal y a poca distancia del foco se observan las dos ramas distales del sistema nutricio medular.

Laminas.- 13, 26a.

CONEJO NUM. 26

R. común; macho, pardo, 5 meses.

Día 0.- Fractura de tibia derecha  
Fractura oblicua  
Reducción manual y enyesado.

Día 2.- Se encuentra bien.

Día 7.- Aparece muerto con el abdomen muy dilatado. Se inyectan  
150 c.c. de la mezcla H.  
Radiografía de las piezas con partes blandas con la técnica  
Decalcificación en a. nítrico al 5 por 100.  
Radiografía de las tibias decalcificadas con técnica K.

### R E S U L T A D O S

CARACTERES MACROSCOPICOS.- A la palpación no se aprecia callo verdadero, pero sí una infiltración regional difusa. Aún existen restos del hematoma post-traumático, tanto en el foco, como en los planos intermusculares. Deficiente inyección de contraste.

Radiográficamente; no se obtienen conclusiones por el escaso relleno de la pieza.

VASCULARIZACION DE LA TIBIA.- Relleno incompleto

R. gigante; hembra; rubio-caoba; 5 meses.

Día 0.- Fractura de tibia izquierda  
Fractura transversal  
Reducción manual laboriosa y enyesado

Día 5.- Ligero edema en dos dedos.

Día 10.- Se encuentra bien.

Día 35.- Sigue bien. Sacrificio con pentotal i.v. Inyección de 150 cc de la mezcla F.  
Radiografía de la pieza con partes blandas con la técnica Paso a decalcificador electrolítico.  
Radiografía de las tibias decalcificadas con la técnica L.  
Cortes longitudinales del callo y epífisis, que se radiografían con la técnica M.

## R E S U L T A D O S

CARACTERES MACROSCOPICOS.- Por palpación y a través de las partes blandas, se aprecia un callo de escaso volumen. Eliminadas estas pueden observarse zonas de hueso muy reconstruídas en la concavidad del mismo. No existe acortamiento. Desviación angular del fragmento distal hacia el lado interno de unos 30°. No zonas netas localizadas de hipertrofia del callo.

Radiográficamente se observa un discreto aumento de la vascularización en las partes blandas que rodean al callo de fractura, con dirección preferente longitudinal. Algunas roturas vasculares con derrame de contraste.

VASCULARIZACION DE LA TIBIA.- Los vasos nutricios medulares penetran con claridad, y cuyas ramas descendentes se arborizan para formar una red apretada de vasos en el callo, de la que siguen hacia el fragmento distal elementos de mediano calibre.

Escaso aporte vascular periférico con dirección indefinida en esta placa. Zona de callo hipertrófico en la concavidad.

Las ramas ascendentes siguen un curso normal.

VASCULARIZACION DEL CALLO.- En el fragmento proximal, se apre  
cia la arteria nutricia que se arboriza al llegar al foco central pa  
ra formar una red, de la que parten vasos hacia el fragmento distal.

En la concavidad, se he formado un callo hipertrófico con nume  
rosos vasos de dirección oblicua, pero que en general no es exagerado

El corte que presentamos, está surcado en el centro por una  
línea clara que corresponde a una de las corticales seccionadas, por  
existir una coaptación imperfecta de los fragmentos. En él se ven  
las terminaciones vasculares muy nítidas.

El fragmento distal está bien vascularizado.

VASCULARIZACION DE LAS ZONAS EPIFISARIAS.- En la proximal, apa  
rece una línea de cartílago de crecimiento neta y limitada regular  
mente por los sistemas vasculares epifisario y metafisario. En el  
primero y paralelo al cartílago existe un tronco grueso arterial que  
a lo largo de su trayecto va dando colaterales perpendicularmente.  
A la metafisaria, llegan los terminales de los vasos diafisarios.

En la distal, existe una línea de crecimiento no muy ancha y  
limpia, excepto en el centro y periferia, donde algún elemento traspasa  
comunicando ambos sistemas. Los elementos diafisarios no son muy  
abundantes, pero debe considerarse el estado de la preparación a este  
nivel. El sistema epifisario, es practicamente igual al normal.

Laminas.- 32a, 50.

CONEJO NUM. 28

R. gigante; hembra; blanca; 5 meses.

Día 0.- Fractura de tibia izquierda  
Fractura transversal  
Reducción manual y enyesado.

Día 10.- Se encuentra bien. No edema.

D

Día 25.- Idem.

Día 40.- Sacrificio con pentotal i.v. Inyección de 150 c.c. de la mezcla H.  
Radiografía de las piezas con partes blandas con la técnica K.  
Decalcificación en a. fórmico al 10 por 100.  
Radiografía de tibias decalcificadas con la técnica K.  
Cortes longitudinales del callo y epífisis que se radiografían con la técnica M.  
Cortes para Anatomía Patológica.

## RESULTADOS

CARACTERES MACROSCOPICOS.- Por palpación y a través de los tejidos blandos, no se aprecia el callo fácilmente por haberse reabsorbido casi por completo. Continuidad perfecta en muchos puntos a nivel del mismo. No acortamiento. Angulación de unos 10°, hacia el lado tibial, del fragmento distal. No hipertrofias en la concavidad ni convexidad del foco. Al seccionar la pieza, se observa en la cavidad medular contraste libre que hace suponer la rotura de algún vaso a ese nivel.

Radiográficamente, no existe diferencia de vascularización en las partes blandas con el lado sano.

VASCULARIZACION DE LA TIBIA.- A pesar de estar movida la radiografía, se aprecia a la arteria nutricia descender, y después de rebasar el foco de fractura, sigue por el fragmento distal hasta enfriarse por último en la metáfisis. No existe prácticamente aporte perióstico. Como decíamos arriba, se puede observar el derrame de

contraste intramedular.

**VASCULARIZACION DEL CALLO.**- Como en la anterior, a nivel del foco de fractura hay derramamiento del contraste. A pesar de ello, existe una nutrida red vascular de casi exclusiva dirección longitudinal. La arteria nutricia, de la que en su parte alta del foco se originan numerosos ramos finos, dá asimismo una rama, aparte de otras más finas, perfectamente visible que llega al fragmento distal con nitidez.

No existe prácticamente aporte periférico.

La vascularización del fragmento distal es muy buena.

**VASCULARIZACION DE LAS ZONAS EPIFISARIAS.** En la proximal, se observa una línea de crecimiento no muy ancha pero sí clara, con la excepción de algún punto central y periférico que hacen sospechar el paso de elementos vasculares, tanto en el lado sano como en el fracturado. En la epífisis, los vasos de dirección transversal dan colaterales en sentido perpendicular a la línea en ambos lados. La metáfisis que no está muy densa de elementos vasculares, presenta roturas con derrame de contraste; a esta se ven llegar las terminaciones de los vasos nutricios diafisarios.

La distal, con un cartílago de conjunción poco neto en los extremos y de altura variable, aparece limitado por dos sistemas circulatorios, que al igual que en la proximal, presenta roturas de elementos finos con derrame de contraste y paso a través de dicho cartílago de elementos vasculares finos. Numerosos vasos diafisarios se hacen terminales para el sistema metafisario que es muy denso en el lado fracturado.

Laminas.- 34a, 53d, 68a, 67c, 67d.

CONEJO NUM. 29

R. gigante; macho; gris-plomo; 6 meses.

Día 0.- Fractura de tibia derecha  
Fractura transversal  
Reducción manual laboriosa y enyesado.

Día 10.- No edema. Está bien.

Día 20.- Idem.

Día 40.- Sacrificio con tio-barbital i.v. Inyección de 150 c.c. de la mezcla H.  
Radiografía de las piezas con partes blandas con la técnica K.  
Paso a decalcificador electrolítico.  
Radiografía de tibias decalcificadas con la técnica L.  
Cortes longitudinales del callo y epífisis con la técnica M  
Cortes para Anatomía Patológica.

## R E S U L T A D O S

CARACTERES MACROSCOPICOS.- Por palpación y a través de las partes blandas, se aprecia un callo fusiforme muy pequeño. Eliminados los tejidos de recubrimiento, se puede observar en algunos puntos una reconstrucción casi perfecta. No existe acortamiento ni prácticamente desviación angular, pero sí muy discreta desviación lateral pero con buena coaptación interfragmentaria. Hay pequeña hipertrofia del callo sobre la convexidad.

Radiográficamente, aún quedan vasos con dirección preferentemente longitudinal en mayor proporción que en el lado sano. No existen prácticamente rotura de elementos vasculares con derrame de contraste.

VASCULARIZACION DE LA TIBIA.- Consta su estudio de tres proyecciones radiográficas, con exposición que va en aumento, intentando visualizar la vascularización íntima del callo.

Observamos la penetración en el hueso de las arterias nutri-

cias principales con claridad, que en curso descendente parecen rebasar el callo de fractura y continuarse con los ramos existentes en el tercio inferior, llegando hasta la metáfisis.

En la zona convexa, se observa una fina red perióstica y algo también en la concavidad.

El curso ascendente de la rama superior sigue normal hasta la metáfisis proximal.

**VASCULARIZACION DEL CALLO.-** La arteria nutricia que con toda nitidez desciende hasta el extremo del fragmento proximal con escasas colaterales, queda amputada en uno de los cortes, pero después en otro se sigue para volver otra vez a la placa anterior, lo que indica su continuidad.

Buena vascularización del fragmento distal.

El callo perióstico existente, presenta unas formaciones vasculares sin orientación definida.

**VASCULARIZACION DE LAS ZONAS EPIFISARIAS.-** La proximal, presenta una línea de crecimiento ancha y limpia sin parecer surcada por elementos vasculares de comunicación entre los dos sistemas. Aparte de los vasos metafisarios que penetran localmente, se aprecian los terminales de los vasos medulares nutricios para formar el sistema limitante. Los sistemas epifisario y metafisario son similares a los normales.

La distal, en cortes más finos que los habituales, presenta el cartílago de crecimiento fusionado, pues aparece atravesado por un gran número de elementos finos de dirección paralela y sentido del eje del hueso. Gruesos troncos diafisarios llegan en sus terminaciones a la circulación metafisaria que contiene numerosos vasos finos. El sistema epifisario es denso y no muy ordenado.

Laminas.- 51c, 51d, 66.



CONEJO NUM. 30

R. gigante; macho; gris-plomo; 5 meses.

Día 0.- Fractura de tibia derecha  
Fractura oblicua  
Reducción manual y enyesado.

Día 10.- No edema. Está bien.

Día 20.- Idem.

Día 50.- Sacrificio con pentotal i.v. Inyección de 150 c.c. de la  
mezcla H.  
Radiografía de las piezas con ~~plantes~~ blandas con la técnica K.  
Paso a decalcificador electrolítico.  
Radiografía de las tibias decalcificadas con la técnica K  
Cortes longitudinales del callo y epífisis que se radiografían con la técnica M.  
Cortes para Anatomía Patológica.

## R E S U L T A D O S

CARACTERES MACROSCOPICOS.- Por palpación y a través de los tejidos blandos, se apreciaba un callo relativamente hipertrófico. Eliminados los elementos músculo-aponeuróticos, se observa que no existió una coaptación termino-terminal. Al cortar el callo, descubrimos a nivel de la línea de fusión una gran vascularización, especialmente sobre el fragmento distal. Acortamiento de 0.5 cm. No desviaciones angulares. Hipertrfia del callo sobre el borde externo.

Radiográficamente, presenta el foco de fractura rodeado de una trama vascular aumentada con relación al lado sano, sobre todo en dirección longitudinal.

VASCULARIZACION DE LA TIBIA.- Se observa el acortamiento indicado más arriba. La arteria nutricia, sigue un curso descendente neto hasta el extremo del fragmento proximal y allí se anastomosa y arboriza con una red vascular de grueso calibre, que llega al fragmento inferior con una continuidad perfecta. Los vasos de este fragmento,

si bien presentan una continuidad con los proximales, aparecen desordenados en general.

En el borde tibial, aun existen algunos vasos de origen perióstico, pero en el lado peroneo este se incrementa y viene a unirse con la medular.

En el fragmento proximal se sigue con dificultad la rama ascendente.

**VASCULARIZACION DEL CALLO.**- La arteria nutricia principal penetra en la parte alta, desciende dando varias colaterales y queda amputada en el fragmento proximal. Los finos vasos de las colaterales se anastomosan con los del fragmento distal.

Los dos fragmentos, en este corte, aparecen separados en la mayor parte del mismo por una sección de la cortical, a excepción de ese punto en que la comunicación vascular es grande.

El fragmento distal aparece con numerosos vasos, algunos de grueso calibre y arborizados en la línea de contacto con el otro fragmento.

La circulación periférica es escasa y con dirección indefinida

En los cortes transversales, observamos tanto en el fragmento proximal como en el distal, una circulación medular con troncos de mediano calibre y numerosos vasos finos, mientras que la perióstica es desordenada y escasa, a pesar de que existe un callo perióstico discreto.

**VASCULARIZACION DE LAS ZONAS EPIFISARIAS.**- La proximal, presenta unas ~~preparaciones~~ preparaciones con numerosos vasos rotos que determinan un derramamiento del contraste. La línea de crecimiento tanto en el lado sano como en el fracturado no se define bien, y además en em-

Laminas.-

Los lados no parece existir comunicación entre los dos sistemas limitantes.

La circulación epifisaria y diafisaria no es muy ordenada en el lado fracturado.

La distal, en mucho mejor estado, presenta el cartílago de cojunción prácticamente indefinible por los numerosos vasos que le atraviesan poniendo en comunicación el sistema epifisario propiamente dicho con la circulación diafisaria y por tanto con la vertiente metafisaria. Estas anastomosis parecen más intensas en el lado fracturado. Circulación diafisaria abundante con densas redes.

Laminas.- 35b, 52, 54, 55c, 69.

CONEJO NUM. 31

R. gigante; macho; gris-plomo; 5 meses.

Día 0.- Fractura de tibia derecha  
Fractura transversal  
Reducción manual y enyesado

Día 10.- No edema. Buen estado general.

Día 20.- Idem.

Día 40.- Sacrificio con tio-barbital i.v. Inyección de 150 c.c. de la mezcla H.  
Radiografía de las piezas con partes blandas con la técnica K.  
Decalcificación en a. fórmico al 10 por 100.  
Radiografía de las tibias decalcificadas con la técnica K.  
Cortes longitudinales del callo y epífisis con la técnica  
Cortes para Anatomía Patológica.

## R E S U L T A D O S

CARACTERES MACROSCOPICOS.- Por palpación a través de las partes blandas, se aprecia un callo de fractura no hipertrófico. Desviación angular de unos 10°. No hipertrofia en la concavidad y sí parece existir la ligeramente sobre la convexidad. Presenta zonas de continuidad ósea perfecta. Al obtener cortes para Anatomía Patológica, aparece más vascularización en la porción proximal.

Radiográficamente, observamos aumento de los vasos en los tejidos que rodean al callo de fractura, especialmente con dirección longitudinal. No existen prácticamente roturas vasculares con derrame de contraste. La radiografía es blanda.

VASCULARIZACION DE LA TIBIA.- Al igual que en el animal número 29, presentamos un estudio seriado. La penetración de las arterias nutricias principal y secundaria es nítida, y después de pasar la zona densa del callo, parece que siguen en continuidad, y a través de él, por el fragmento distal, para llegar a la región metáfisis-

ria.

Se observa asimismo una fina red perióstica de gran densidad.

VASCULARIZACION DEL CALLO.- La arteria nutricia principal se vé descender por el fragmento proximal dando colaterales, casi todas con dirección oblicua, y se continúa hacia el fragmento distal, que aparece muy bien vascularizado. En las zonas en que los fragmentos no están coaptados y sobre los extremos de los fragmentos, existe una red periférica vascular sin dirección definida. Fuera de estos puntos, la vascularización periférica es más bien escasa.

VASCULARIZACION DE LAS ZONAS EPIFISARIAS.- La proximal, aparece con dos sistemas vasculares que limitan irregularmente el cartílago de conjunción, pues existen numerosas comunicaciones entre los vasos epifisarios y metafisarios. Algún tronco grueso en la epífisis sigue dirección oblicua no definida. La circulación diafiso-metafisaria es de una gran densidad.

La distal, presenta una línea de crecimiento practicamente indefinible por los elementos vasculares que la atraviesan, poniendo en comunicación la circulación de ambas vertientes y al mismo tiempo con la diafisaria que está formada por una enorme cantidad de vasos finos y de mediano calibre. ~~y de mediana calibre~~ Las anastomosis visibles, son más acusadas en el lado fracturado. No son bien apreciables los troncos diafisarios en la parte distal de la diáfisis.

Laminas.-21, 33, 68b, 67b.

CONEJO NUM. 32

R. gigante; hembra; blanco-gris; 5 meses.

Día 0.- Fractura de <sup>tibia</sup> parte izquierda  
Fractura oblicua.  
Reducción manual y enyesado.

Día 2.- No edema. Está bien.

Día 5.- Idem.

Día 7.- Está con diarrea. Sacrificio con tio-barbital i.v. Inyección de 150 c.c. de la mezcla H.  
Radiografía de las piezas con partes blandas con la técnica K.  
Decalcificación en a. fórmico al 10 por 100.  
Radiografía de las tibias decalcificadas con la técnica K.  
Cortes longitudinales del callo y epífisis que se radiografían con la técnica M.  
Cortes para Anatomía Patológica.

## RESULTADOS

CARACTERES MACROSCOPICOS.- Edema local. Acortamiento de 0.5 c  
Movilidad anormal a nivel de la fractura. Restos de hematoma tanto en el foco como a distancia, siguiendo los planos de "clivage" intermusculares.

Radiográficamente, se aprecia aumento de las redes vasculares finas a nivel de los tejidos blandos que rodean el foco de fractura. Solo se visualiza algún acúmulo de contraste determinado por rotura vascular.

VASCULARIZACION DE LA TIBIA.- Junto a la tibia y cerca de la línea de fractura, se han radiografiado porciones de tejidos blandos. En el hueso puede observarse la penetración de las arterias nutricias principal y su división posterior en elementos finos muy nítidos. Los vasos descendentes son amputados en la línea fracturaria, pero después continúan con igual disposición y perdiendo calibre de

arriba abajo hasta llegar a la zona metafisaria. No se ven vasos periféricos, ni aún en las partes blandas que rodean a la solución de continuidad.

VASCULARIZACION DEL CALLO.- En el fragmento proximal, se aprecia el descenso de las arterias nutricias que son amputadas en la línea de fractura y con algunas colaterales antes del final.

En el distal, se observan los vasos que descienden desde escasa distancia de la línea fracturaria.

La vascularización periférica dependiente de los elementos blandos que rodean el foco no se visualizan por haberse eliminado.

VASCULARIZACION DE LAS ZONAS EPIFISARIAS.- La proximal, presenta un cartílago de conjunción alto, limitado por los dos sistemas vasculares metafisario y epifisario, con regularidad, especialmente el último y dudosamente surcado por elementos vasculares visibles. El sistema epifisario es normal, así como los vasos ascendentes de la arteria nutricia principal.

El distal, presenta una línea de crecimiento libre de vasos excepto algunos en el centro y limitado con toda nitidez. La metafisaria es muy densa, a la cual llegan las terminales de los vasos diafisarios. El fragmento distal aparece bien vascularizado. En la epífisis, un grueso tronco la recorre transversalmente dando colaterales.

Laminas.- 11, 25b.

CONEJO NÚM. 33

R. gigante; macho; beige con collar blanco; 4 meses.

Día 0.- Fractura de tibia izquierda.  
Fractura transversal.  
Reducción manual y enyesado.

Día 10. Está bien. No edema.

Día 20. Idem.

Día 30. Sacrificio con tiopentone sódico i.v. Inyección de 150 c.c. de la mezcla H.  
Radiografía de las piezas con partes blandas con la técnica K.  
Paso a decalcificador electrolítico.  
Radiografía de las tibias decalcificadas con la técnica L.  
Cortes longitudinales del callo y epífisis con la técnica M.  
Cortes para Anatomía Patológica.

## R E S U L T A D O S

CARACTERES MACROSCOPICOS.- A la palpación de la pieza, se aprecia un callo de pequeño volumen. No acortamiento. Desviación angular de los fragmentos en los de concavidad posterior. Hipertrofia del callo en la concavidad. Desviación lateral entre las superficies fracturarias. Escasa en la porción distal del fragmento superior.

Radiográficamente, se observa un ligero aumento de la trama vascular en las partes blandas que rodean al foco, casi todos ellos con dirección longitudinal. No aparecen roturas vasculares que determinen derrame del contraste.

VASCULARIZACION DE LA TIBIA.- En callo de escaso volumen, se observa la llegada, desde su división, de la rama descendente de la arteria nutricia principal y de la secundaria, al callo de fractura, que presenta un foco de decúbito. A pesar de ello se le vé rebasar el callo y continuarse hasta el fragmento inferior, acabando por último en la metafisis. No existe prácticamente red perióstica.



**VASCULARIZACION DEL CALLO.-** En el callo se observa la llegada de las arterias ~~nutricias~~ principal y secundaria, de la primera de ellas se desprenden varias colaterales finas con dirección oblicua hacia el endostio. Al llegar cerca de la línea de fractura, las arterias principales son amputadas en tronco grueso, lo que indica su continuidad más abajo.

En el fragmento inferior, descienden varios troncos de median calibre, con colaterales, y que en la parte más alta están cortadas de través.

La circulación periférica es nutrida, como puede apreciarse en uno de los cortes, aunque no muy nítida, pero con dirección preferente transversal.

**VASCULARIZACION DE LAS ZONAS EPIFISARIAS.-** La proximal, presenta un cartílago de conjunción alto y limpio, limitado por el sistema epifisario y el metafisario por debajo del cual existen numerosos vasos de fino calibre. Ambos sistemas limitan con regularidad la línea arqueada de crecimiento. Los sistemas epifisario y diafisario son similares a los del lado sano.

Por la diáfisis, descienden troncos gruesos que acaban en la metafisis distal, en la cual se forma un denso sistema vascular limitante del cartílago de crecimiento. En la epífisis aparece transversalmente un tronco grueso que la recorre dando colaterales. En el centro del cartílago, numerosos vasos finos ponen en contacto ambos sistemas.

Laminas.- 20, 31b, 51a, 51b.

CONEJO NUM. 34

R. Común; macho; blanco-gris; 4 meses.

Día 0.- Fractura de tibia derecha.  
Fractura oblicua  
Reducción manual y enyesado.

Día 5.- No edema. Está bien.

Día 15. Idem.

Día 20. Sacrificio con dosis letal de pentotal i.p. Inyección de 150 c.c. de la mezcla H.  
Radiografía de las piezas con partes blandas con la técnica Paso a decalcificador electrolítico.  
Radiografía de las tibias decalcificadas con la técnica K.  
Cortes longitudinales del callo y epífisis que se radiografían con la técnica M.  
Cortes para Anatomía Patológica.

## R E S U L T A D O S

CARACTERES MACROSCOPICOS.- Por palpación y a través de las partes blandas se aprecia un callo muy voluminoso. Eliminadas las partes blandas se confirma la gran formación de aspecto fusiforme. Acortamiento de 0.3 cm. y desviación del fragmento distal hacia adelante con unos 15° de angulación, sin aumento del callo en la concavidad. Intensa vascularización medular en ambos fragmentos.

Radiográficamente, se observa un gran aumento de la trama vascular en las zonas de tejidos blandos que rodean al foco con dirección longitudinal y muy especialmente transversal, tanto en su porción proximal como en la distal. Algunas roturas de vasos con derrame del contraste.

VASCULARIZACION DE LA TIBIA.- Las arterias nutricias penetran con relativa claridad, cuyas ramas descendentes se confunden en una densa red vascular que ocupa el voluminoso callo. Desde este, descienden vasos con calibre de disminución progresiva por la ramifica

ción de las mismas, hasta llegar a la zona metafisaria. Junto a los vasos medulares, existen numerosos de procedencia periférica y que con dirección transversal se dirigen a su interior.

La porción proximal de la tibia, presenta una abundante arborización procedente de la rama ascendente de la arteria nutricia.

VASCULARIZACION DEL CALLO.- Los cortes transversales del callo, presentan en su porción proximal, una circulación medular a troncos gruesos con numerosas ramas colaterales de dirección transversal hacia el endostio. La vascularización perióstica es muy intensa aun a esta altura y rodeando toda la cortical.

En el centro, persiste con parecidas características y en uno de los cortes se observan a los dos fragmentos simultáneamente.

Por debajo, la vascularización medular es muy intensa, con vasos gruesos y finos que se dirigen hacia el endostio. Rodeando a las corticales el sistema perióstico es muy nutrido y regular en su orientación.

VASCULARIZACION DE LAS ZONAS EPIFISARIAS.- La proximal, aparece con una línea de cartílago ancha, limpia y clara, que no es atravesada por elementos vasculares visibles. El sistema vascular epifisario limitante no es muy regular, a la inversa del metafisario al que se ven llegar los elementos finales de la circulación medular.

El distal, con un relleno casi perfecto de los vasos diafisarios, presenta una línea de crecimiento limitada por los sistemas vasculares y es atravesada por numerosos elementos finos. Las epífisis es surcada por una tronco arterial grueso con numerosos colaterales finas. Densa circulación metafisaria.

Laminas.- 3Ob, 48c, 48d, 49, 64d.

CONEJO NUM. 35

R. gigante; macho; rubio; 5 meses.

Día 0.- Fractura de tibia derecha.  
Fractura oblicua.  
Reducción manual dificultosa y enyesado.

Día 5.- Se encuentra bien. No edema.

Día 10. Escayola rota que hace necesario su reparación.

Día 20. Sacrificio con pentotal i.p. Inyección de 150 c.c. de la mezcla H.  
Radiografía de las piezas con partes blandas con la técnica K.  
Paso a decalcificador electrolítico.  
Radiografía de las tibias decalcificadas con la técnica L.  
Cortes longitudinales del callo y epífisis que se radiografían con la técnica H.  
Cortes para Anatomía Patológica.

## RESULTADOS

CARACTERES MACROSCOPICOS.- Por palpación, a través de las partes blandas, se aprecia un callo voluminoso. Eliminadas las partes blandas, se confirma su grosor. Acortamiento de 0'3 cm. sin existir coaptación buena de las superficies de fractura. Angulación anterior de unos 15° entre los fragmentos sin hipertrofia del callo en la concavidad. En los cortes se observa una buena continuidad en algunos puntos.

Radiográficamente, existe aumento neto en la vascularización de los tejidos blandos que rodean al foco de fractura, cuyos vasos siguen dirección longitudinal y especialmente transversal.

VASCULARIZACION DE LA TIBIA.- Se comprueba la falta de coaptación buena de los fragmentos. Las arterias medulares descendentes son visibles hasta cerca de la línea de unión al fragmento distal. En este, son numerosos los vasos visibles aunque pocos con una dirección longitudinal neta. En los dos puntos de fusión de los fragmen-

tos con las diáfisis opuestas correspondientes, existen redes vasculares periféricas densas y con preferente dirección transversal.

La rama ascendente de la arteria nutricia principal sigue una distribución normal y limpia.

VASCULARIZACION DEL CALLO.- En cortes sagitales, la arteria nutricia no se vé descender hasta la línea de unión de los fragmentos, pero sí numerosos vasos finos, con dirección longitudinal oblicua, que llegan hasta ese punto y que por sus características hacen suponer un origen en la arteria principal.

A nivel del callo, existe una red vascular densa. El fragmento distal aparece bien nutrido y con algún vaso de grueso calibre.

En la placa que tiene una línea entre ambos fragmentos, se visualiza muy bien la circulación perióstica, con definida dirección transversal y que se une a la medular.

VASCULARIZACION DE LAS ZONAS EPIFISARIAS.- En la proximal, se aprecia una línea de crecimiento nítida, aunque en el centro, al igual que en el lado sano, aparecen algunos vasitos que la atraviesan pero por su grosor hacen pensar que en parte se deban a la oblicuidad del corte. La epífisis tiene troncos gruesos de curso transversal que dan varias colaterales. La metafisaria es densa y a ella vienen a terminar los vasos nutricios diafisarios de calibre similar al normal.

En la inferior, aparece el cartílago atravesado por numerosos vasitos periféricos y centrales, especialmente en algunos cortes. El lado sano presenta parecidas características, aunque de penetración menos acusada. Los vasos diafisarios vienen a terminar en la metafisis donde existe una densa vascularización.

Laminas.- 32a, 46, 47b, 65c, 65d.

CONEJO NUM. 36

R. gigante; macho; rubio; 4 meses.

Día 0.- Fractura de tibia derecha.  
Fractura transversal.  
Reducción manual y enyesado.

Día 1.- Nueva reducción y escayola.

Día 10. Está bien

Día 15. Sacrificio con pentotal i.v. Inyección de 150 c.c. de la mezcla H.

Radiografía de las piezas con partes blandas con la técnica Decalcificación en á. fórmico al 10 por 100.

Radiografía de las tibias decalcificadas con la técnica K.

Cortes longitudinales del callo y epífisis que se radiografían con técnica M.

Cortes para Anatomía Patológica.

## R E S U L T A D O S

**CARACTERES MACROSCOPICOS.-** Por palpación a través de los tejidos blandos, se aprecia un callo medianamente voluminoso. Prácticamente no existe acortamiento. No desviaciones angulares. Al eliminar los tejidos musculo-aponeuróticos no descubrimos restos del hematoma fracturario. Discreta desviación lateral.

Radiográficamente, se observa una intensa trama vascular en las partes blandas que rodean el foco de fractura, tanto en dirección longitudinal como transversal. No roturas con derrame de contraste.

**VASCULARIZACION DE LA TIBIA.-** Por ser la fractura bastante alta, el trayecto de la arteria nutricia descendente es muy corto, que además presenta una parte de ella sin rellenar. Llegada a la zona del callo, se pierde en una densa red vascular a la cual van numerosos vasos periféricos de dirección longitudinal y transversal. El fragmento distal está recorrido por numerosos vasos de calibre que se estrechan por ramificación hasta llegar a la zona metafisaria.

La mitad superior del hueso, está recorrida por una trama vas-

cular difusa.

VASCULARIZACION DEL CALLO.- La arteria nutricia desciende por el fragmento proximal, y en la línea de fractura, da arborizaciones finas que quieren unirse con las que se originan de los gruesos vasos del fragmento distal.

A su vez, con estos vasos vienen a juntarse, los que con dirección transversal, tienen su origen en la periferia del callo y que en algunas zonas es muy intensa.

La cortical, en algunos puntos es atravesada por elementos finos que proceden indistintamente de la médula o periostio.

Laminas.- 17, 29a, 43, 44a.

CONEJO NUM. 37

R. común; macho; rubio; 5 meses.

Día 0.- Fractura de tibia izquierda.  
Fractura oblicua con tercer fragmento  
Reducción manual y enyesado.

Día 5.- Está bien. No edema.

Día 15. Sacrificio con tio-barbital i.v. Inyección de 150 c.c. de la mezcla H.  
Radiografía de las piezas con partes blandas con la técnica Paso a decalcificador electrolítico.  
Radiografía de las tibias decalcificadas con la técnica K.  
Cortes longitudinales del callo y epífisis que se radiografían con la técnica M.  
Cortes para Anatomía Patológica.

## R E S U L T A D O S

CARACTERES MACROSCOPICOS.- No edema en el miembro, ni movilidad del foco traumático. Acortamiento de 0.3 cm. y ligera desviación lateral. No se descubren restos del hematoma en la disección. Callo regular y no de gran volumen. Macroscopicamente, se aprecia intensa vascularización del fragmento distal. Desviación lateral completa.

Radiográficamente, presenta aumento de la vascularización alrededor del foco de fractura a base de vasos finos de preferente dirección longitudinal. En el lado sano hay algunas roturas con derramamiento de contraste.

VASCULARIZACION DE LA TIBIA.- Se observa la coaptación atípica de los fragmentos. La arteria nutricia penetra en el hueso y se la ve descender por el fragmento proximal hasta perderse en la rica red vascular del callo de fractura. En el fragmento distal se aprecian numerosos vasos, algunos de ellos de mayor calibre y que al descender van disminuyendo grosor al acercarse a la metáfisis.

Asimismo existen elementos vasculares periféricos con dire-



cción transversal preferente.

La rama terminal ascendente de la nutricia, se presenta con claridad hasta llegar a la zona metafisaria proximal.

**VASCULARIZACION DEL CALLO.-** La arteria nutricia principal y secundaria, que con toda nitidez se ven descender por el fragmento proximal, van dando colaterales de dirección oblicua y que son aún más numerosas en la terminación.

El fragmento distal, bien vascularizado, presenta una red de vasos con finas terminaciones, que se dirigen en busca de las descritas anteriormente. Desde el periostio igualmente, numerosos ramos con dirección transversal y oblicua van a reunirse de la misma manera.

**VASCULARIZACION DE LAS ZONAS EPIFISARIAS.-** La proximal, presenta una línea metafisaria ondulada de perfecta definición y sin apreciarse el paso de vasos a través de ella, al igual que en el lado sano. La regularidad del sistema metafisario, sobre todo en el hueso fracturado, es perfecta, el cual a su vez aparece en contacto con los vasos terminales de la arteria nutricia diafisaria como en el otro lado. El sistema epifisario está muy bien vascularizado con troncos de mediano y pequeño calibre.

En la distal, aparece una ancha línea correspondiente al cartílago de crecimiento atravesada en el centro por elementos vasculares y menos intensamente en la periferia. Los dos sistemas limitantes están formados por una densa red vascular. Los vasos terminales procedentes de la diáfisis vienen a terminar en la zona metafisaria.

Laminas.- 16, 29b, 44c, 44d, 45, 63c, 63d, 64c.

CONEJO NUM. 38

R. gigante; macho; rubio-gris; 5 meses.

Día 0.- Fractura de tibia derecha  
Fractura transversal  
Reducción manual y enyesado.

Día 1.- Nueva reducción y escayola

Día 3.- Se encuentra bien. Ligero edema.

Día 15. Sacrificio con pentotal i.v. Inyección de 150 c.c. de la  
mezcla H.  
Radiografía de las piezas con partes blandas con la técnica  
Decalcificación en ác. fórmico al 10 por 100.  
Radiografía de las tibias decalcificadas con la técnica L.  
Cortes longitudinales del callo y epífisis que se radiogra-  
fían con la técnica M.  
Cortes para Anatomía Patológica.

## R E S U L T A D O S

CARACTERES MACROSCOPICOS.- Por palpación, a través de las par-  
tes blandas, se aprecia la existencia de un callo voluminoso sin co-  
tinuidad termino-terminal. Acortamiento de 0.3 cm. No existen desvi-  
siones angulares aunque sí lateralmente. Zonas de callo hipertrófi-  
sobre los puntos de contacto de los fragmentos a nivel de sus extre-  
midades. Escara a nivel del foco.

Radiográficamente, se descubre un aumento neto de la vasculari-  
zación rodeando el callo de fractura, con numerosos vasos de dire-  
cción transversal. Escasos derrames de contraste por rotura vascul-  
especialmente en el lado sano.

VASCULARIZACION DE LA TIBIA.- Se confirma el callo hipertrófi-  
co. A nivel del callo existe derramamiento de contraste y un decúbi-  
to que no permiten visualizar bien los vasos del foco. Desciende la  
arteria nutricia hasta cerca de la solución de continuidad, donde  
se ramifica para formar una densa red vascular. Desde esta parten  
ramas que bajan por el fragmento distal con ramificaciones sucesi-

vas hasta la metáfisis.

Los vasos periféricos, que son numerosos, llevan no solo dirección transversal sino también longitudinal, aunque predominan los primeros.

Los ramos de la terminal ascendente de la nutricia son numerosos y relativamente nítidos.

**VASCULARIZACION DEL CALLO.**- La arteria nutricia desciende por el fragmento proximal, dando numerosas colaterales que llegan hasta su extremo. El fragmento distal que está bien vascularizado, sus vasos de mediano calibre terminan arriba por varias ramas, de las cuales muchas siguen dirección transversal u oblicua.

Desde la periferia, se dirigen hacia el foco numerosos vasos, especialmente en los extremos de los fragmentos.

En el interior existen roturas vasculares con derramamiento del contraste.

**VASCULARIZACION DE LAS ZONAS EPIFISARIAS.**- La proximal, presenta un cartílago de crecimiento, tanto en el lado sano como en el fracturado, limitado por dos sistemas vasculares densos, especialmente en el distal, al que llegan las terminaciones de la arteria nutricia. En las epífisis, aparece un vaso de curso transversal que dá numerosos vasos colaterales. El cartílago del lado fracturado aparece difuminado en algunos puntos.

La distal, presenta una línea de crecimiento poco nítida en su centro, por estar atravesado por numerosos vasos que ponen en comunicación los dos sistemas epifisario y metafisario. En el lado sano existen igualmente anastomosis, pero en vez de ser centrales, son mas laterales y raras en el medio. Los dos sistemas limítrofes del

cartílagos son muy nutridos. La circulación diafisaria es normal, con vasos gruesos. La metafisaria es más densa que en el lado sano.

Laminas.- 18, 31a, 44b, 62, 63a, 63b, 64a, 64b.

CONEJO NUM. 39

R. gigante; hembra; rubio-gris; 5 meses.

Día 0.- Fractura de tibia izquierda.  
Fractura transversal con tercer fragmento  
Reducción manual y enyesado.

Día 2.- No edema. Está bien.

Día 10. Sacrificio con tiobarbital i.v. Inyección de 150 c.c. de la mezcla H.  
Radiografía de las piezas con partes blandas con la técnica Paso a decalcificador electrolítico.  
Radiografía de las tibias decalcificadas con la técnica K  
Cortes longitudinales del callo y epífisis que se radiografían con la técnica M.  
Cortes para Anatomía Patológica.

## R E S U L T A D O S

CARACTERES MACROSCOPICOS.- Escaso edema a nivel del tercio medio y distal de la pierna. No existe acortamiento ni angulación. Discreta desviación lateral de los fragmentos. Callo no voluminoso. Cuando se está limpiendo la tibia de partes blandas, se aprecia intensa vascularización subperióstica.

Radiográficamente, se observa intenso aumento de la trama vascular rodeando al foco de fractura, apreciándose la existencia de numerosos vasos finos con dirección transversal, especialmente hacia el fragmento libre. No existen roturas vasculares con derrame de contraste.

VASCULARIZACION DE LA TIBIA.- En el callo de mediano volumen, no se ve la llegada neta de la arteria nutricia, pues parece que al ser la fractura un poco alta, la ha lesionado en su bifurcación. Por encima de la línea fracturaria, aparece una red vascular de buen calibre y que se amputa transversalmente. Después sigue una red de vasos más finos de la que parten algunos troncos gruesos de

curso descendente que difícilmente son seguidos hasta la metafisis.

Periféricamente, se observan múltiples troncos con dirección transversal hacia la zona medular, especialmente en el borde peroneo con los vasos ascendentes del fragmento proximal ocurre algo parecido a lo citado al principio.

VASCULARIZACION DEL CALLO.- No se aprecia en este corte a la arteria nutricia medular en el fragmento proximal, aunque sí elementos vasculares con dirección longitudinal. El fragmento distal bien vascularizado, presenta a sus vasos gruesos emitiendo hacia arriba arborizaciones múltiples que se ven interrumpidas en su trayecto por estar cortada parte de la cortical distal.

Periféricamente, se observa una rica vascularización con netos y claros vasos de dirección transversal con origen en gruesos vasos que siguen paralelos a la cortical.

VASCULARIZACION DE LAS ZONAS EPIFISARIAS.- La proximal, presenta una línea de crecimiento que en el centro tiene elementos muy finos que la atraviesan, el resto parece limpio, siendo el centro donde el sistema metafisario presenta menos regularidad. La epífisis está surcada por troncos gruesos de curso transversal que dan numerosas colaterales. La circulación metafisaria es similar en ambos lados.

La distal, aparece con el cartílago separando los dos sistemas y atravesado dudosamente por elementos vasculares en el centro y en la periferia. Densa red de vasos finos en la circulación metafisaria del lado fracturado y normal en el otro. La epifisaria tiene vasos de curso transversal que dan numerosos colaterales, acaso más densos que en el lado sano.

Laminas.- 12, 28a, 39d, 59a, 59d, 60a, 60b.

CONEJO NUM. 40.

R. gigante; macho; gris-pardo; 4 meses

Día 0.- Fractura de tibia derecha.  
Fractura transversal  
Reducción manual y enyesado

Día 3.- Sacrificio con pentotal i.v. Inyección de 150 c.c. de la mezcla F.  
Radiografía de las piezas con partes blandas con la técnica  
Decalcificación en ac. nítrico al 5 por 100.  
Radiografía de las tibias decalcificadas con la técnica L.  
Cortes longitudinales del callo y epífisis que se radiografían con la técnica M.

## R E S U L T A D O S

CARACTERES MACROSCOPICOS.- Edema a nivel del foco de fractura. Movilidad anormal del mismo. No existe acortamiento. Desviación angular en 15° de concavidad posterior. En el foco hay restos del hematoma, que a través de los planos de «clivage» intermusculares, se extienden a distancia del mismo.

Radiográficamente, no se descubre aumento de la vascularización local. Por encima de la línea de fractura, existen algunas roturas vasculares con derramamiento del contraste.

VASCULARIZACION DE LA TIBIA.- Con una coaptación perfecta de los fragmentos, se observa con claridad la penetración de la arteria nutricia principal y secundaria descendentes, cuyos troncos aparecen amputados en la línea de fractura, pero que después y con toda nitidez siguen su curso descendente hasta arborizarse en la metafisis. No hay vasos periósticos.

VASCULARIZACION DEL CALLO.- La arteria nutricia principal y secundaria, que descienden por el fragmento proximal hasta quedar seccionadas en la línea de fractura y siguen después en el distal con igual nitidez, dando las colaterales correspondientes.

Observase asimismo el seno venoso que recorre la cavidad medular de ambos fragmentos con sus ramos transversales. Ni en las corticales, ni en los tejidos blandos que se han dejado para fijar los fragmentos se aprecian vasos.

VASCULARIZACION DE LAS ZONAS EPIFISARIAS.- En la proximal, aparece una línea de crecimiento neta y limpia, limitada por los dos sistemas habituales. Un vaso transversal cortado, con numerosas colaterales, surca la epífisis. La metáfisis con una densa red vascular a la que llegan las terminales de la arteria nutricia ascendente.

La distal, presenta una línea de cartílago poco neta surcada en el centro y la periferia por finos vasos; aunque de manera desordenada e irregular. Un grueso tronco diafisario se ve llegar a la metáfisis. La circulación epifisaria es densa al igual que en el lado sano.

Laminas.- 9a, 25a, 38.



CONEJO NUM. 41

R. gigante; macho; blanco; 6 meses.

Día 0.- Fractura de tibia derecha  
Fractura transversal  
Reducción manual y enyesado.

Día 2.- Se encuentre bien. No edema.

Día 4.- Aparece muerto.

CONEJO NUM. 42.

R. gigante; macho; rubio-gris; 5 meses.

Día 0.- Fractura de tibia izquierda.  
Fractura oblicua.  
Reducción manual y enyesado.

Día 2.- Se encuentra bien. No edema.  
Día 5.- No edema.

Día 12. Sacrificio con tiobarbital i.v. Inyección de 150 c.c. de la mezcla H.  
Radiografía de las piezas con partes blandas con la técnica.  
Decalcificación en ác. nítrico al 5 por 100.  
Radiografía de las tibias decalcificadas con la técnica L.  
Cortes longitudinales del callo y epífisis con la técnica M.  
Cortes para Anatomía Patológica.

## RESULTADOS

CARACTERES MACROSCOPICOS.- No existe edema a nivel del tercio medio de la pierna. Acortamiento de 0.75 cm. Angulación de concavidad anterior. El callo no es voluminoso y aún existe movilidad a nivel del mismo. Se inicia una pequeña escara, por decúbito con el yeso, sobre la porción proximal del fragmento distal desviado hacia atrás.

Radiográficamente, se observa aumento de los elementos vasculares en la zona que rodea al foco de fractura, sobre todo a base de elementos finos. Varias roturas vasculares con derramamiento del contraste.

VASCULARIZACION DE LA TIBIA.- Con un callo de mediano calibre, se observa con toda nitidez la penetración de las arterias nutricias principal y secundaria de curso descendente, que terminan arborizadas en el callo con numerosas ramas. Desde este, se ven algunos vasos de mediano calibre que van en disminución según bajan al dar colaterales, hasta llegar a la zona metafisaria.

Los gruesos vasos que rodean al callo, parecen dar algunos vasos de curso perpendicular al eje del hueso.

Gran claridad de la rama principal y colaterales de la arteria nutricia, con curso ascendente.

**VASCULARIZACION DEL CALLO.-** La arteria nutricia principal que desciende con gran nitidez, por el fragmento proximal, dando varias colaterales oblicuas, y termina en una densa arborización.

El fragmento distal, aparece muy vascularizado con una apretada trama a elementos finos, y un par de vasos gruesos de curso longitudinal. El aporte perióstico, especialmente en la cara externa, aparece intenso con dirección transversal y oblicua hacia el foco.

**VASCULARIZACION DE LAS ZONAS EPIFISARIAS.-** La proximal, presenta tanto en el lado sano como en el fracturado, una línea de crecimiento ancha y limpia, limitada por dos sistemas vasculares con disposición regular. En las epífisis, un vaso central de curso transversal da numerosas colaterales en el lado fracturado. La circulación metafisaria es densa y a ella van a terminar varias ramas diafisarias, abundantes en ambos lados.

La distal, presenta en el centro del cartílago, el paso de numerosos vasos que en el lado sano están más laterales. A la metafisis le llegan los vasos diafisarios. Buena vascularización epifisaria.

Laminas.- 15, 27a, 39c, 59a, 59b.

CONEJO NUM. 43

R. gigante; hembra; gris-pardo; 5 meses.

Día 0.- Fractura de tibia izquierda.  
Fractura transversal.  
Reducción manual y enyesado.

Día 2.- Se encuentra bien. No edema.

Día 5.- Idem.

Día 7.- Sacrificio con pentotal i.v. Inyección de 150 c.c. de la mezcla H.  
Radiografía de las piezas con partes blandas con la técnica Decalcificación en  $\text{ac. nítrico}$  al 5 por 100.  
Radiografía de las tibias decalcificadas con la técnica L.  
Cortes longitudinales del callo y epífisis que se radiografían con la técnica M.  
Cortes para Anatomía Patológica.

## R E S U L T A D O S

CARACTERES MACROSCOPICOS.- Edema de los tejidos que rodean el foco de fractura. Movilidad anormal a nivel del mismo. Desviación angular en 20° y concavidad anterior. Existen restos del hematoma en el foco, que se extienden a distancia, siguiendo los planos de "clivage" intermusculares. No hay acortamiento. A través de las partes blandas, se aprecia un callo regular pero no voluminoso.

Radiográficamente, presenta aumento de la trama vascular fina rodeando el foco de fractura, de preferente dirección longitudinal. Existen algunas roturas vasculares con derramamiento de contraste.

VASCULARIZACION DE LA TIBIA.- Con un callo de pequeño volumen, al que se ve llegar la rama descendente de la arteria nutricia principal hasta perderse en una red vascular nítida. Más abajo, se observan algunos vasos de mediano calibre y que se ramifican poco a poco hasta la zona metafisaria.

De los vasos externos al callo, parecen desprenderse troncos

con dirección transversal y longitudinal con respecto al eje del hueso.

Las ramas ascendentes de la arteria nutricia se aprecian con nitidez.

**VASCULARIZACION DEL CALLO.-** La arteria nutricia desciende dando numerosos vasos finos y con dirección oblicua y termina con una amputación transversal cerca del foco.

El fragmento distal, que aparece muy bien vascularizado, con elementos gruesos y finos dirigidos longitudinalmente que van al en cuentro de los de arriba. En la periferia, se empiezan a visualizar vasitos finos que se dirigen hacia el callo tanto en el fragmento proximal como en el distal.

**VASCULARIZACION DE LAS ZONAS EPIFISARIAS.-** Limitando el cartílago de crecimiento, aparecen los dos sistemas vasculares con regularidad, si bien en algunos puntos aparece atravesado por vasitos que dudosamente se ven llegar hasta el lado opuesto. Al sistema metafisario, llegan las terminaciones de la rama ascendente de la nutricia de forma similar al lado sano.

En la inferior, el cartílago aparece bien limitado, aunque en algunos puntos aparece atravesado por finos vasitos especialmente en el condilo interno, tanto en el lado sano como en el fracturado. El sistema metafisario no muy denso, es regular con la excepción de los puntos descritos y a él llegan los vasos diafisarios normalmente. La epífisis lleva un tronco paralelo al cartílago del que se desprenden colaterales.

CONEJO NUM. 44

R. gigante; macho; gris-pardo; 4 meses.

Día 0.- Fractura de tibia derecha.  
Fractura transversal con tercer fragmento de base posterior  
Reducción manual y enyesado.

Día 2.- Está bien. No edema. Alimentación normal.

Día 6.- Idem.

Día 11. Sacrificio con tiobarbital i.v. Inyección de 150 c.c. de la mezcla H.  
Radiografía de las piezas con partes blandas con la técnica  
Decalcificación en ác. nítrico al 5 por 100.  
Radiografía de las tibias decalcificadas con la técnica L.  
Cortes transversales del callo y longitudinales de las epífisis, que se radiografían con la técnica M.  
Cortes para Anatomía Patológica.

## RESULTADOS

CARACTERES MACROSCOPICOS.- No edema local. A través de las partes blandas se aprecia un callo voluminoso. No existen restos del hematoma fracturario a distancia del mismo. Escasa movilidad del foco. No existe acortamiento, ni desviaciones angulares o laterales. No se descubren escaras.

Radiográficamente: presenta aumento neto de la vascularización alrededor del foco de fractura, con vasos finos, muchos de los cuales siguen dirección transversal. Existen varias roturas vasculares con derramamiento del contraste.

VASCULARIZACION DE LA TIBIA.- Se ve llegar la rama descendente de la arteria nutricia principal y de la secundaria al callo, donde se ramifican en una red vascular de no gran densidad. En curso descendente, se aprecian tres vasos de mediano calibre en el fragmento distal que dan colaterales para llegar a la línea metafisaria.

Parecen existir vasos periféricos de curso longitudinal y

transversal hacia el centro del callo.

Escasa nitidez para la rama principal y colaterales ascendentes del hueso.

**VASCULARIZACION DEL CALLO.-** En los cortes transversales, seriados de arriba abajo, se aprecia en los más altos, a la arteria nutricia principal dando ramos finos que se dirigen hacia el endostio, ramificándose progresivamente y algunos de ellos dan colaterales que entran en la cortical. Periféricamente y partiendo de troncos gruesos, se observan numerosos y finos vasitos que con dirección transversal neta van hacia gran parte de la cortical. En el resto aparecen vasos circulares, muchos de los cuales empiezan a emitir finas arteriolas con dirección transversal.

En otros tres cortes más abajo, sigue la misma disposición, aunque rodeando más completamente la cortical, y como antes, tanto desde los vasos medulares como periósticos se ven pasar finos ramos a la cortical.

Siguiendo en el descenso, la medular sigue con parecida disposición, y los vasos periféricos comienzan algunos de ellos a perder la neta dirección transversal y además rodean al hueso elementos de mayor calibre. En los cortes 8, 9 y 10 parece localizarse la línea de fractura.

A partir del corte número 10, en la médula si bien existen numerosos ramos finos, hay menos troncos gruesos. La perióstica, en su mitad sigue una dirección transversal que hace más nítida según desciende. En todas las preparaciones parece apreciarse un incremento de la circulación periférica en los puntos donde la medular es menos acentuada.

**VASCULARIZACION DE LAS ZONAS EPIFISARIAS.-** En la proximal, se observa una línea de crecimiento perfectamente definida y limitada por los dos sistemas vasculares, tanto en el lado sano como en el fracturado. A los vasos propios de la metafisis llegan los terminales diafisarios. Los elementos vasculares de la epífisis y metafisis son similares para ambos lados.

En la distal, se aprecia un cartílago surcado por vasos numerosos a ambos lados de la línea media, especialmente en el lado externo. En otro corte más anterior, solo en el lado interno existen paso de estos vasos. Los vasos terminales diafisarios llegan a la zona metafisaria con caracteres normales. La circulación metafisaria, es más densa en el lado fracturado así como la epifisaria aunque muy discretamente.

Laminas.- 14, 28b, 40, 41, 42, 61.



CONEJO NUM. 45

R. común; hembra; rubio-gris; 4 meses.

Día 0.- Fractura de tibia izquierda  
Fractura oblicua  
Reducción manual y enyesado.

Día 2.- Se encuentra bien. No edema.

Día 5.- Idem.

Día 20. Sigue bien.

Día 30. Se quita escayola y presenta un foco de osteitis a nivel de la fractura.

CONEJO NUM. 46

R. común; macho; rubio-gris; 5 meses.

Día 0.- Fractura de tibia derecha.  
Fractura oblicua  
Reducción manual y enyesado,

Día 2.- Se encuentra bien. No edema.

Día 10. Idem.

Día 15. Sacrificio con tiobarbital i.v. Inyección de 150 c.c. de la mezcla F.  
Radiografía de las piezas con partes blandas con la técnica L  
Decalcificación con ac. nítrico al 5 por 100.  
Radiografía de las tibias decalcificadas con la técnica L.  
Cortes transversales del callo y longitudinales de las epífisis, que se radiografían con la técnica M.

## R E S U L T A D O S

CARACTERES MACROSCOPICOS.- Por palpación y a través de los tejidos blandos, se aprecia un callo medianamente voluminoso. Acortamiento de 0.3 cm. No desviaciones angulares, aunque sí lateral. No se descubren restos del hematoma fracturario. En la disección y cortes del callo se observa intensa vascularización local.

Radiográficamente: presenta un aumento neto de la trama vascular en los tejidos blandos que rodean al foco, de dirección tanto longitudinal como transversal. Algunas roturas vasculares con derramamiento de contraste.

VASCULARIZACION DE LA TIBIA.- En un callo de mediano volumen, se observa con nitidez la llegada de a su porción alta la arteria nutricia principal que desaparece en una trama densa de vasos, algunos de ellos con mediano calibre. El fragmento distal, tiene algunos vasos que desde la red del callo siguen un curso descendente hasta terminar arborizándose en la línea metafisaria.

Numerosos vasos periféricos de curso indiferente se dirigen ha

cia la zona medular.

La porción ascendente de la arteria nutricia se ramifica en elementos fácilmente visualizables.

VASCULARIZACION DEL CALLO.- En el fragmento proximal, desciende de la arteria nutricia principal dando numerosas colaterales, que se dirigen al endostio y termina por varios ramitos que van a unirse hacia los que parten de los vasos del fragmento distal, el cual aparece surcado por una densa red vascular.

Desde la periferia, parten numerosos troncos finos que con dirección transversal se dirigen hacia el centro del foco.

VASCULARIZACION DE LAS ZONAS EPIFISARIAS.- La proximal, presenta un cartílago de conjunción limitado por dos sistemas vasculares de disposición regular y sin observarse vasos que atraviesen el mismo. La epífisis presenta un vaso de dirección transversal con numerosas colaterales. La red metafisaria es densa y a ella se ven llegar los vasos terminales de la arteria nutricia ascendente.

En la distal, existe nítido y claro el cartílago de crecimiento a excepción del centro en que se ve traspasado por elementos vasculares finos que no se ven en el lado sano. La vascularización metafisaria y de la epífisis es buena.

Laminas.- 60c, 60d.

CONEJO NUM. 47

R. comun; macho; blanco; 5 meses.

Día 0.- Fractura de tibia derecha  
Fractura transversal  
Reducción manual y enyesado.

Día 5.- Está bien. Alimentación normal. No edema.

Día 15. Sigue bien.

Día 40. Sacrificio con pentotal i.v. Inyección de 150 c.c. de la mezcla F.  
Radiografía de las piezas con partes blandas con la técnica Decalcificación en  $\text{ác. nítrico}$  al 5 por 100.  
Radiografía de las tibias decalcificadas con la técnica L.  
Cortes longitudinales del callo y epífisis que se radiografían con la técnica M.

## R E S U L T A D O S

**CARACTERES MACROSCOPICOS.-** Por palpación, a través de las partes blandas se aprecia el callo con dificultad por la regularidad del mismo. No existe acortamiento ni desviación angular, pero si lateral, quedando buena superficie de contacto entre los fragmentos. En algunos puntos, existe continuidad casi perfecta entre los fragmentos.

Radiográficamente, solo se observa un muy ligero aumento de la trama vascular perifracturaria con relación al lado sano, y siempre con preferente dirección longitudinal. Las roturas vasculares con derrame del contraste son muy raras.

**VASCULARIZACION DE LA TIBIA.-** En un callo pequeño, se vé llegar la arteria nutricia principal descendente y que en su curso parece atravesar el callo y tener continuidad con los vasos del fragmento distal hasta la zone metafisaria. Escasos vasos periféricos llegan al callo con dirección no coordinada.

La rama ascendente de la arteria nutricia sigue un curso normal.

VASCULARIZACION DEL CALLO.- En el corte y por el fragmento proximal, se aprecia el descenso de la arteria nutricia principal dando algunas colaterales. Al llegar al punto de unión con el fragmento distal, la nutricia es amputada de través, pero parece que se continuará, según los cortes seriados, con el tronco grueso que baja por el fragmento distal, el cual está bien vascularizado.

Escasa circulación perióstica con dirección indefinida.

VASCULARIZACION DE LAS ZONAS EPIFISARIAS.- En la proximal, aparece un cartílago de crecimiento estrecho y limitado por los dos sistemas habituales. No se aprecia el paso de elementos vasculares a través del mismo. La epífisis presenta un vaso de curso transversal con numerosas colaterales. La metáfisis aparece con nutrida vascularización, y a la cual llegan los vasos diafisarios.

La distal, presenta una línea de crecimiento irregular atravesada por elementos finos no muy numerosos, pero más acusados que en el lado sano. Intensas redes vasculares en la epífisis y metáfisis. A esta última vienen a terminar las ramas de la nutricia medular.

Laminas.- 68c, 68d, 67a.

CONEJO NUM. 48.

R. gigante; macho; gris-perdo; 5 meses.

Día 0.- Fractura de tibia izquierda  
Fractura transversal  
Reducción manual y enyesado.

Día 3.- Se encuentra bien. No edema.

Día 10. Idem.

Día 30. Sacrificio con tiobarbital i.v. Inyección de 150 c.c. de la mezcla F.  
Radiografía de las piezas con partes blandas con la técnica L  
Decalcificación en ác. nítrico al 5 por 100.  
Radiografía de las tibias decalcificadas con la técnica L.  
Cortes longitudinales del callo y epífisis que se radiografían con la técnica M.

## R E S U L T A D O S

CARACTERES MACROSCOPICOS.- Por palpación, se aprecia un callo fusiforme de mediano volumen. Coaptación casi perfecta entre los fragmentos. No existe acortamiento, pero sí desviación angular de concavidad anterior sin hipertrofia del callo a nivel de la misma.

Radiográficamente, se observa un número de vasos mayor que en el lado sano y con dirección preferente longitudinal, aunque también hay transversales. Prácticamente no se ven roturas vasculares con derrame del contraste.

VASCULARIZACION DE LA TIBIA.- La arteria nutricia principal en su rama descendente y la secundaria, van hacia el callo de fractura donde se pierden en una red vascular densa y con algunos vasos de mediano calibre. De esta trama parten vasos hacia el fragmento distal que bajan de calibre poco a poco, al ramificarse y llegar por último a la zona metafisaria. Asimismo se observan ramos vasculares que se dirigen transversalmente hacia el callo de fractura.

No existen alteraciones en la rama ascendente de la arteria

nutricia.

VASCULARIZACION DEL CALLO.- A nivel del callo se observa el descenso de las arterias principales, que dan varias colaterales, y que su extremo queda amputado. Por debajo de él, hay una red de finos y medianos vasos desde donde parten los troncos de mayor calibre que descienden por el fragmento distal.

La circulación periférica no es muy intensa y con dirección oblicua y transversal.

VASCULARIZACION DE LAS ZONAS EPIFISARIAS.- En la proximal, se observa el cartílago de crecimiento limitado por los dos sistemas vasculares epifisario y metafisario con regularidad. La epífisis es atravesada por un tronco grueso que dá numerosas colaterales. A la zona metafisaria llegan los terminales de la arteria nutricia ascendente formando una densa red limitante.

La distal, presenta el cartílago de conjunción de mediana altura, atravesado en el centro por finos elementos vasculares. Una rama que desciende de la diáfisis corre paralela a la metáfisis para la que dá ramas perpendiculares. Buena vascularización de la zona epifisaria y de la metafisaria en la cual parece existir una mayor densidad que en el lado sano.

CONEJO NUM. 49

R. gigante; macho; blanco; 5 meses.

Día 0.- Fractura de tibia izquierda  
Fractura oblicua parcialmente abierta.  
Reducción manual y enyesado.

Día 2.- Alimentación buena. Ligero edema distal.

Día 5.- Se encuentra bien.

Día 18. Rompe escayola y aparece foco de osteitis a nivel de la  
fractura.



CONEJO NUM. 50

R. común; hembra; gris-pardo; 18 meses.

Día 0.- Fractura de tibia derecha  
Fractura transversal  
Reducción manual y enyesado.

Día 2.- Sufre un traumatismo y es sacrificado con tiobarbital. Inyección de 120 c.c. (90 c.c. agua y 30 c.c. Micropaque) y después 70 c.c. (40 c.c. de agua y 30 c.c. de Micropaque). Radiografía de las piezas con partes blandas con la técnica L. Decalcificación con ác. nítrico al 5 por 100. Radiografía de las tibias decalcificadas con la técnica L. Cortes longitudinales de las epífisis que se radiografían con la técnica M.

## R E S U L T A D O S

CARACTERES MACROSCOPICOS.- Edema a nivel del foco de fractura. Infiltración de sangre a través de los planos de «clivage» intermusculares y aún intramusculares. No acortamiento ni desviaciones, que aparecen al retirar el yeso. No se observa derrame del contraste en el foco.

Radiográficamente, se observa una muy escasa vascularización local que en parte puede ser debida a los destrozos en tejidos blandos, escasa penetración del contraste o a un estado de colapso circulatorio. No existen roturas vasculares con derrame del contraste.

VASCULARIZACION DE LA TIBIA.- Con nitidez se aprecia la penetración de la arteria nutricia principal y de la secundaria que siguen curso descendente hasta quedar amputadas en la línea de fractura

El fragmento distal contiene varios y finos vasos que ramificándose se llegan a la metáfisis inferior.

Como se han eliminado todas las partes blandas no existe vascularización periférica.

VASCULARIZACION DEL CALLO.- En el extremo de ambos fragmentos

se observan los vasos gruesos que han sido seccionados a su nivel  
En su trayecto dan colaterales finas y oblicuas de dirección.  
No existe circulación periférica.

VASCULARIZACION DE LAS EPIFISIS. - Una línea de cartílago sepa  
ra los dos sistemas vasculares epifisario y metafisario, aunque fi-  
nos vasos atraviesan dicha barrera poniéndolos en comunicación. La  
línea metafisaria es muy regular, con la excepción de algún punto  
aislado, y a ella vienen a terminar las ramas de la arteria nutri-  
cia ascendente. La circulación epifisaria es regular y semejante al  
lado opuesto.

La distal, presenta un cartílago ondulado atravesado por nume-  
rosos elementos vasculares. La zona metafisaria presenta una línea  
no muy regular y la densidad vascular no es muy intensa. La epífi-  
sis aparece bien vascularizada y similar al lado sano. Numerosos  
vasos diafisarios se dirigen hacia el sistema metafisario.

Laminas.- 9b. 26b, 57.

## ESTUDIO HISTOLOGICO

Complementario del estudio radiográfico, vamos a describir ahora algunos datos histológicos, orientados especialmente hacia la evolución vascular en el callo de fractura.

Pasados los primeros momentos que suceden al traumatismo, encontremos en el foco, núcleos de cartílago con caracteres semejantes al embrionario, rodeados por tejido conectivo fibroso. Pocos elementos vasculares son visualizables en la parte central, mientras que en las zonas periféricas aparecen con mayor abundancia apoyándose en el tejido conjuntivo. Asimismo descubrimos un discreto predominio vascular en el polo proximal del callo de fractura en su porción central.

Después, la imagen histológica se hace más abigarrada, ya que en el centro, al lado de núcleos cartilaginosos, se observa tejido óseo esponjoso de aspecto juvenil con elementos vasculares y zonas con tejido fibroso abundante, especialmente en la periferia. Los núcleos condrales, no adoptan la disposición ordenada que veíamos en el cartílago de crecimiento, y en muchos de sus puntos se aprecia la penetración de tractus conjuntivos portadores de un asa capilar que lleva a la subsiguiente diferenciación osteoblástica.

En algunas zonas se aprecia una separación neta entre el cartílago y el hueso, mientras que en otras es insensible su continuidad. En la periferia son muy numerosos los elementos vasculares.

Sobre los 30 días, ya aparecen focos de tejido esponjoso con estructura más adulta y vasos en su seno del mismo carácter, al lado

de otros más escasos de cartílago diferenciado en continuidad con el tejido esponjoso así como con el fibroso periférico, orientados según el eje del hueso, al que encontramos con menor número de vasos que en épocas anteriores.

Poco después, solo se descubre algún vestigio de cartílago con gruesas células y el tejido óseo esponjoso muestra una estructura adulta con vasos gruesos. En un estadio ulterior, llegan a desaparecer los tejidos fibroso y cartilaginoso quedando únicamente el óseo con los escasos elementos vasculares que le caracterizan.

## RESULTADOS

Realizado el estudio particular en cada uno de los animales, intentamos ahora deducir los resultados conjuntos, que nos llevarán a obtener las conclusiones finales de este trabajo.

La observación macroscópica de las piezas nos indican, que los restos del hematoma fracturario persisten en el foco hasta el décimo día, no encontrándose en ningún caso a los 15 de evolución.

El volumen del callo de fractura va en aumento, para hacerse máximo al final de la tercera semana, dependiendo siempre del tipo de reducción conseguida, ya que una fractura mal coaptada determina un callo mayor en el tiempo y en el espacio.

Las ideas de algunos autores, que encuentran hipertrofia en la concavidad del foco para las fracturas con desviación angular, nos han llevado a pensar en este punto, con el que no estamos de acuerdo, ya que solamente en dos casos descubrimos la citada hipertrofia, mientras que en el resto no aparece y además en cuatro casos es predominante en la convexidad.

Con respecto a las formaciones vasculares, en un principio llegamos a creer en la existencia de fragilidad vascular de la pata en que evolucione una fractura, y aunque los resultados son disarmónicos, sí parece existir una predisposición a la rotura en los casos cuyo periodo de fractura llega hasta los 20 días, aunque no debemos olvidar el factor de presión al inyectar, que no siempre era el mismo exactamente.

En los tejidos que rodean el foco de fractura, se observa un aumento de la trama vascular ya a los siete días, con elementos de curso longitudinal y algunos finos transversales. Ya «in crescendo», con predominancia de los últimos, y se hace máximo hacia los 20 días de evolución.

En la cuarta semana empiezan a disminuir, hasta los 60 ó 70 días en que es prácticamente igual al otro lado, aunque su persistencia corre pareja a la reducción conseguida. A pesar de ello, tenemos un caso con 40 días de evolución y buena reducción, en el cual persiste muy aumentada la repercusión vascular de los tejidos perifocales.

Eliminadas las partes blandas, nos queda aislado el hueso con el callo de fractura, y de su estudio arteriográfico deducimos: que aun en los días siguientes a una fractura diafisaria de los huesos largos, por debajo del punto de entrada de las arterias nutricias principal y secundaria, el fragmento distal queda bien irrigado, sin aparecer trombosis de las arterias principales ni aún del seno venoso.

Esto hace suponer, que en el periodo inmediato a la fractura, las citadas arterias seccionadas se rellenan a través de sus anastomosis con los vasos metafisarios, periósticos y epifisarios, dependiendo el aporte de estos últimos, del estadio de fusión en que se encuentre el cartílago de conjunción.

Por razones más fáciles de comprender, el fragmento proximal no plantea problemas de sangre arterial ni de drenaje venoso, como puede observarse en las preparaciones.

Pasamos ahora a los datos obtenidos del estudio del foco de fractura, y así en los primeros días apreciamos la nitidez del sistema arterial diafisario en ambos fragmentos. A partir del séptimo, se define un callo que va creciendo en volumen, y cuyos elementos vasculares periféricos de curso indefinido, tienen origen en los gruesos troncos arteriales perilocales.

Simultáneamente, muestra aumento del número de colaterales de la arteria nutricia principal diafisaria, tanto en su extremo proximal como en los restos del fragmento distal, y con dirección de los neovasos hacia el foco.

En el décimo día, apreciamos una vascularización periférica de curso transversal neto hacia la solución de continuidad en el hueso, circulación que va desarrollándose en aumento hasta el veinteavo día, iniciando poco después la red perióstica su descenso.

La red medular, pronto establece contacto entre la circulación de ambos fragmentos, aunque por medio de finos elementos, que se incrementan hasta conseguir la continuidad del vaso medular principal.

Cuando el aporte periférico disminuye, pierde la dirección neta transversal, se hace después indefinida, para quedar al fin los troncos longitudinales primarios; de forma que a los 60 ó 70 días, se restablece una situación vascular similar al lado sano.

A los 40, se visualiza la continuidad a grueso tronco de la arteria nutricia medular principal, y aún a los 30 puede ocurrir, como sucede en un caso.

Todos los datos citados más arriba, quedan modificados en relación con el tipo de reducción conseguida, pues una coaptación alte

rada entre los fragmentos retrase proporcionalmente la evolución del proceso.

Contrariamente a lo que debía suponerse, la existencia de un decúbito sobre el foco no altera prácticamente la evolución vascular del resto de los tejidos.

El estudio de las zonas epifisarias, nos llevan a unos resultados inconcretos por tener los animales una edad media entre la adulta y la fase de crecimiento, lo cual implica una evolución intermedia del cartílago de conjunción, especialmente del distal, que al igual que en el hombre, su fusión es más prematura que la del proximal. A pesar de ello resumiremos, que la circulación epifisaria superior del lado sano y del fracturado no muestra diferencia. En la metafisaria ocurre lo mismo, y el cartílago de crecimiento que separa ambos sistemas sólo rara vez parece franqueado por elementos vasculares.

En el extremo distal, aparece la diafisis surcada por troncos gruesos en todas las épocas, que terminan por sus ramas finales en la metafisis, aparte de numerosos elementos finos. Cuando faltan las arterias de buen calibre, los vasos pequeños aumentan intensamente.

La circulación metafisaria es densa en todo momento, aunque hacia el quinceavo o veinteavo día aparece aumentada muchas veces, según puede apreciarse en las láminas correspondientes.

El sistema epifisario inferior, es más denso y menos regular que en el lado sano, especialmente hacia los 20 días.

Por último y para terminar con la zona epifisaria distal, en el cartílago de crecimiento observamos un incremento vascular en la



tibia fracturada con relación a la opuesta, especialmente en los periodos que van de los 15 a los 40 días de evolución post-fracturaria.

Histológicamente se comprueban los datos del estudio arteriográfico, mostrando un gran predominio de elementos periféricos en la primera época.

Los núcleos cartilaginosos que van a evolucionar a tejido óseo, son invadidos por tractus conjuntivos acompañados de un asa capilar según se van diferenciando, especialmente entre la tercera y cuarta semana.

El sistema medular, si bien es aparente en ambos extremos, durante la primera época se observa una predominancia en el polo proximal. Después, cuando el tejido óseo adulto va aumentando sus elementos vasculares son similares a los de la estructura ósea normal y por tanto en escaso número.

## CONCLUSIONES

-----

- 1a.- El factor vascular es de vital importancia en la evolución del callo de fractura.
- 2a.- Ya a los siete días, existe una circulación periférica relativamente densa, que tiene su origen en los troncos arteriales preexistentes de los tejidos que rodean al hueso.
- 3a.- La proliferación vascular se hace máxima entre la tercera y cuarta semana, cuando los sistemas perióstico, medular, metafisario y epifisario presentan su mayor densidad.
- 4a.- Esta vascularización exagerada, coincide con la diferenciación máxima de los tejidos que forman el callo de fractura en sentido osteoblástico, lo cual parece indicar una relación entre am dos momentos.
- 5a.- A los treinta días, la regresión vascular periférica es franca, mientras que la red medular persiste más tiempo hasta conseguir reconstruir el sistema circulatorio diafisario principal.
- 6a.- En contra de las ideas de Watson-Jones y otros autores, después de una fractura diafisaria, en el fragmento distal continua la circulación por los tramos vasculares nutricios de este fragmento.
- 7a.- Con el seno venoso ocurre exactamente lo mismo y sigue cumpliendo su función de drenaje venoso.

- 8a.- El proceso reparador de una fractura no es meramente local, pues determina un incremento vascular en los tejidos que rodean al foco, incremento que al igual que arriba se hace máximo hacia los 20 días.
- 9a.- Por tanto, no existe ningún factor anatómico vascular que justifique el retraso en la evolución de las fracturas diafisarias localizadas en la unión del tercio medio con el distal de la tibia; ahora bien, cualquier fenómeno que altere la circulación hemática, repercutirá obligadamente en la curación de las mismas.
- 10a.- La existencia de un foco de necrosis ósea localizada, sobre uno de los fragmentos, parece influir escasamente sobre la evolución circulatoria focal.
- 11a.- Seguimos trabajando sobre el mismo problema, en el intento de valorar exactamente los dos componentes, arterial y venoso.
-

## B I B L I O G R A F I A

---

- AMATO, V.P., SLIEMA, MALTA, BOMBELLI, R.- The normal vascular supply of the vertebral column in the growth rabbit. J. of Bone and Joint Surgery 41 - B. Nov. 1959.
- AMATO, V.P., SLIEMA, MALTA, BOMBELLI, R.- Early skeletal, and vascular changes in lathirism. J. of Bone and Joint Surgery, 41 - B. Agost. 1959.
- AMPRINO R., ENGSTROM A.- Studies on X-Ray absorption and diffraction bone tissue. Acta Anatomica, Vol. XV, Fasc. 1/2. (1952)
- AMPRINO R.- Rapporto fra processi di ricostruzione e distribuzione dei minerali nelle ossa. Zeitschrift für zellsforschung Bd. 37, S: 144-183 (1952).
- BARCLAY, A.E.- Microradiography applied to botany. British Journal of Radiology, Vol. XXI, no 251, Nov. 1948.
- BARCLAY, A.E.- Microarteriography; Blackwell Scientific Publications. Oxford 1951.
- BARCLAY, A.E., BENTLEY, F.H.- The vascularisation of the human stomach. British J. of Radiology Tom 22, 62 - 67, 1947.
- BARCLAY, A.E.- Microarteriography. The British Journal of Radiology. Vol. XX. Oct. 1947.
- BARTOLI, E., VASCIAVEO, F.- Studio del decorso e della distribuzione dei canali vascolari nella compatta di ossa lunghe di mammiferi. Atti d. Soc. Ital. di Anatomia XVII Conh. Soc.- Jun. 1958.
- BASTOS ANSART, M.- Traumatología.- Labor, 1952. Barcelona.
- BAUMGARTL, F., BLAISE, H., GRENDEL, H.- La oscilografía y la irrigación de la pierna fracturada en el curso de la curación. Ebl. chir. 84 - 25, 20 Jun. 1959 (Bibl.).
- BENJAMIN, H.B., BECKER, A.B.- A vascular study of the small intestine. Surg. Gyn. Obst. Vol. 108, Feb. 1959.
- BENSLEY, R.R., BENSLEY, S.H.- Handbook of histological and cytological technique. University of Chicago Press, Chicago, 1938.
- BENTZON, P.G.K.- Roentgenological investigations concerning the arterial supply of the epiphyses. Acta Radiológica, 8, 618, 1927.

- BERMUDEZ DE CASTRO, J.M.- Microfotografía por fotoelectrones de su superficies metálicas excitadas. Rev. I. Hierro y Acero, Jul-Sept. 1958.
- BERMUDEZ DE CASTRO, J.M.- FUSTER, J.M.- Microradiografía aplicada al estudio de minerales de hierro sistetizados. III Asemblea del I. del H. y Acero, 1955.
- BERUHET, G.L.- De la configuration interna de la moelle osseuse et de les conexions vasculaires par la methode des injections intramedullaires de substances opaques. These, Paris 1939 (Bibl.).
- BOHATIRCHUK, F.P.- Some microradiographical data on bone ageing. Brit. J. of Radiology, 27 (315), 1954.
- BOHATIRCHUK, F.P.- Stain historadiography. Stain Technology, 32, 2 Mar. 1957.
- BOHLER, L.- Tecnica del tratamiento de las fracturas. Labor. Barcelona, 1948.
- BONNIN.- Manual de traumatología. Morata Ed., Madrid 1952.
- BOSTROM, H.- Chemical autoradiographic studies on the sulphate exchange in sulphomucopolysacharides. Arch. fur Kemi, 6, 43, 1953.
- BRASHEAR, H.R.- Epiphyseal fractures. A microscopic studie of the healing process in rats. J. of Bone and Joint Surgery, Sep. 1959.
- BROCKIS, J.G., MOFFAT, D.B.- The intrinsic blood vessels of the pelvic colon. J. of Anatomy, Ene. 1958.
- BRODIN, H.- Longitudinal bone growth. The nutrition of the epiph. cartilages and the local blood supply. Acta Orthop. Scandinavica. Supl. no 20, 1955.
- BROOKES, M.- Femoral growth after occlusion of the nutrient prin. canal in day-old rabbits. J. of Bone and Joint Surgery, Vol. 39B, Agost. 1957.
- BROOKES, R., HARRISON, R.G.- The vascularization of the rabbit Femur and tibio-fibula. J. of Anatomy, Ene. 1957.
- BUCHBERGER, R., SALEM, G.- Importancia de la irrigación sanguínea en la consolidación de las fracturas. Wien. Klin. Wschr. 65-19, 8 may. 1953. (Bibl.).

- BUCKS, M.- La vascularización de los huesos largos en el feto humano. J. of Anatomy, 93, 2, 1958.
- CAMPILLOS REALI, J.M.- Influencia de la vascularización del cuello del femur en el proceso de consolidación de sus fracturas. Trab. del I.N. de Ciencias Médicas, T. IV, 1946.
- CARLSTROM, D.- X-Ray crystallographic studies on apatites and calcified structures. Acta Radiológica, Supl. 121, Abr. 1955.
- CHANDLER, F.A.- Observation on circulatory changes in bone. Am. J. of Roents. 44. 1940.
- CHEYNEL, J.- Recherches sur la phisio-pathologie de la hanche. Vascularizacion de la tete et du col femoral. Rev. Orthop. Ene-Mar. 1957.
- CLARK, S.M.- The X-Ray cristal analysis of bone. Progress in Biophysics and Biophysical Chemistry, vol. 7, 1957.
- COHEN, J., LACROIX, P.- Comparison of microradiographic and histologic patterns in bone. Lab. Investigation, (N. York), Nov-Dic. 1953. (Bibl.).
- DALE, G.G.- HARRIS, W.R.- Prognosis of epiphyseal separation. J. of Bone and Joint of Surgery, Vol. 40B, Feb. 1958.
- DE SAPIA, F.S., MISSASI, N., GAZZARA, A.- La vascolarizzazione nell'atteggiamento di prima posizione di Paci-Lorenz. Ortop. e Traumat/ del'apparato Motore, Vol. XXVI, Abr-Jun. 1958.
- DEPREUX, FONTAINE, DESCAMPS.- Vasc. arterielle de l'os iliaque. Vas. art. du femur. Etude de la circ. au niveau des deux os de la jambe. Soc. Anat. de Paris, sesión 8-Feb. 1952.
- DEZZANI, D., DE LUTIO, O.- La vasc. delle ossa ed il suo comportamento durante lo.sviluppo dal feto all'adulto. Arch. di Ortopedia, Nov.-Dic. 1956.
- DEKESKAMP.- Das verhalten der knochen arterien dei knochenerkrankungen und frakturen. Fortschr. Rontgenstr. 10,219,1915
- DEKESKAMP.- Das verhalten der knochen arterien dei knochenerkrankungen und frakturen. Fortschr. Röntgenstr. 10,219,1915
- DOS SANTOS, R.- Arteriography in bone tumors. J. of Bone and Joint Surgery, Feb. 1950.
- DRINKER, D.K.- The circulation in the mammalian bone marrow. Am. J. of Physiol., 62, 1922. (Bibl.)

- DUCCI, L.- L'injection intraosseuse d'un produit de contraste pour le diagnostic des affections osseuses, *La Presse Medicale*, 3 Jun. 1950.
- DUCUING, J., MARQUES, P. & BAUX, R., PAILLE, J., VOISON, R.- Physiologie de la circulation osseuse. *Rev. Rhumat.* Feb. 1952.
- DUTHIE, R.B.- A simple method. for cuttings sections from undecalcified bone for autoradiography and microscopy. *J. of Pathol. and Bacteriology*, 68, 296, 1954.
- DUTHIE, R.B., BARKER, A.N.- An autoradiographic study of mucopolysaccharide and phosphate complexes in bone growth and repair. *J. of Bone and Joint Surgery*, Vol. 37B, May. 1955.
- DUTHIE, R.B., BARKER, A.N.- Histochemistry of precocious stage of bone repair studied by autoradiography. *J. of Bone and Joint Surgery*, 37B, Nov. 1955.
- ECCOIFFIER, J., PROT, R., GRIFFIE, R., CATACH, D.- Etude du reseau veineux dans les os longs du lapin. *Rev. Chir. Orthop.* Ene. Marz. 1957.
- ECHEVERRI, A.I.- La vascularización del segmento medio-distal del miembro inferior. *Rev. de Ortopedia y Traumatología*, vol. 2, 1, Sept. 1958.
- EDWARDS, A.E.- Post-amputation radiographic evidence for small artery obstruction in arteriosclerosis. *Ann. of Surgery*, - Agost. 1959.
- ENCYCLOPEDIE MEDICO CHIRURGICALE.- Tomo: Os, articulations, fractures et luxations.
- EPPINGER, S.- Troubles d'irrigation arterielle dans les fractures des os des membres inferieures. *Zbl. Chir.* 84-4, Enero 1957.
- ETIENNE y GRANEL.- A propos de la circulation du ligament rond. *Rev. d'orthopedie*, 35, 358, 1949. (Bibl.).
- FERNANDEZ MORAN, H., ENSGTROM, A.- Ultrastructural organization of bone. *Nature*, 494-5, 1 Sept. 1956.
- FONDA, G., GIORDANO, L.- La fisiologia circolatoria delle fract. Modificazioni vascolari nelle fracture diafisarie dell'arto inferiore. *Minerva ortopedica*, 1957.
- FONDA, G., GIORDANO, L.- Modificazioni vascolari nelle fracture dell'arto superiore. *Minerva ortopedica*, 1957.

- FONDA, G., CIORDANO, L.- Modificazioni della circolazione dell'osso nelle fracture diafisarie distali della tibia. *Miherva Ortopédica*, 1957.
- FRACASSI, H.- Circulación arterial de los metacarpianos, metatarsianos y sus falanges. *Arch. Esp. Morfol.*, 11, 91-104, 1954.
- FRIGNANI, R.- Osservazioni sul rimaneggiamento del callo osseo in particolari condizioni sperimentali. *Boll. della Soc. Ital. di Biol. Sperimentale*, 32, 3-5, Marz-May, 1956. (Bibl.)
- GALPER, Kh. T.- The spread of the contrast medium after its intraosseus injection in osteomyelitis. *Cirurgia (Rus.)* 4, 1959.
- GEISER, M., TRUETA, J.- Muscle action, bone rarefaction and bone formation. *J. of Bone and Joint Surgery*, 40B, May, 1958.
- GILFILLAN, R.S., PETRAKIS, N.L., STEIMBACH, H.L.- The circulation of bone with particular reference to the medulla and medullography, intraosseus Phlebography. *Surg. For. Clin. Congress of the Ame. Coll. of Surg.* Vol. 7, 1957.
- GIUNTA, G.- La angiotettonica del tratto epifisi-metafisario nell'acrescimento scheletrico. *Rivista de Biologia*. Abr.-Jun. 1955.
- GOWANS, P.L., LAING, P.G.- The blood of the femoral shaft. *J. of Bone and Joint Surgery*, Vol. 35B, Agust. 1953.
- GRANJON, P.- Etude biologique et experimentale: L'enclouage medullaire des os longs. *Rev. Chir. Orthop.* Jul-Sept. 1955.
- GREGOIRE Y CARRIERE.- Circulation arterielle intra-osseuse du femur et du tibia. *Compts rendus des Assoc. des Anat.* (16 Réunion), Paris, 1921. (Bibl.).
- GRIFFITHS, D.- Traitment des troubles circulatoires aigus dans les membres fractures. *J. of Bone and Joint Surgery*, 30B, May. 1948.
- HALIBURTON, R.A., SULLIVAN, C.R., KELLY, P.S., PETERSON, F.A.- The extraosseous blood supply of the talus. *J. of Bone and Joint Surgery*, 40A, Oct. 1958.
- HARALSON, S.- La vascularization intraosseuse de l'extremité distale de l'humerus, en particulier de la petit tuberosité. *Acta Orthop. Scan.* 27-2, 1957.
- HARRIS, R.S., JONES, D.M.- The arterial supply of the adult. cerv. vert. bodies. *J. Bone a. J. Surg.* Nov. 1956.



- HARRISON, R.G.- The vascularization of bone. J. of Bone and Joint of Surgery, Vol. 35B. Agost. 1953.
- HARRISON, R.G., COSSMAN, H.H.- The fate of radiopaque media injected into the cancellous bone of the extremities. J. of Bone and Joint Surgery, Vol. 37B, Feb. 1955.
- HARRISON, R.G., SCHAJOVICZ, F., TRUETA, J.- Osteoarthritis of the hip. J. of Bone and Joint Surgery, Vol. 35B, 1953.
- HARTY, M.- Blood supply of the femoral head. Brit. Medical J. 5 Dic. 1953.
- HENRIE, J.N.- JOHNSON, R.W., WAKIM, K.G.- Influencia de la fístula arterio-venosa experimental sobre la curación de las fracturas y sobre el flujo sanguíneo por encima de la fístula. Surg. Clin. and Obst. May. 1959.
- HIRSH, C., CAVADIAS, A., NACHENSON, A.- An attempt to explain fract. types. Acta Ortop. Scand., 24-1, 1954.
- HOUANG, K.- Le role des arteries nourrieres des os longs dans la formation du cal et la calcification de la cavité medullaire. La Presse Medicale, 42, 207 4-76, 1934.
- HOWARD, L.S.- Osseous phlebography. Surg. Gyn. & Obst. 104, Feb. 1957
- HOWE, W.- LACEY, T., SCHWARTZ, A.- A study of the gross anatomy of the arteries supplying the proximal portion of the femur and the acetabulum. J. of Bone and Joint Surgery, Vol. 32A, 1950.
- HUGGINS, C.- WIEGE, E.- The effect of the bone marrow of disrruption of the nutrient artery and vein. Annals of Surgery, 110, 940, Jul. 1939.
- HULTH, A.9 L'anatomie des vaisseaux de l'extremité superieure du femur. Acta Ort. Scand. 27-3, 1958.
- JACKSON, S.F., RANDALL, J.T.- The fine structure of bone. Nature 178-4537, 13 Oct. 1956.
- JANES, J., MUSGROVE, J.- Acción de la fístula arteriovenosa sobre el crecimiento de los huesos. Surg. Clin. North Amer. 30-4 Agost. 1950. (Bibl.).
- JOHNSON, R.W.- A physiological study of the blood supply of the diaphysis. J. of Bone and Joint Surgery, Vol. 9, Feb. 192
- JOHNSON, R.W., HENRIE, J.N.- Acción de las fístulas arteriovenosas sobre la cicatrización de las fracturas. Proc. Staff. Meet., Mayo Clin., 31 - 9. 2 Mayo 1956.

- JONE, K.C., BARNET, H.C.- Cancellous bone grafting for non-union of the tibia through the posterolateral approach. J. of Bone and Joint Surgery, 37A, Dic. 1955.
- JORNS, G.- Experimenteller Beitrag zum Kallusproblem. Zentralblatt für Chirurgie 81 (8) 1956 (Bibl.)
- JOWSEY, J., OWEN, M., VAUGHAN, J.- Microradiographs and autoradiographs of cortical bone from monkeys injected with Sr90. British J. of Exper. Pathology, 34, 661, 1953b.
- JUDET, J., JUDET R., LAGRANCE J., DUNOYER J.- A study of the arterial vascularization of the femoral neck in the adult.- J. of Bone and Joint Surgery.- 37 A. Jul. 1955.
- JUDET R. JUDET J., ROY-CAMILLE R.- La vascularisation des pseudarthroses des os longs d'après une étude clinique et expérimentale.- R. Chir. Orthop.- T. 44 no 5-6.- Oct. Dic. 1958.
- JUSTER, LAYANI, ROESER, FISHGOLD.- Microradiographie d'un tibia pagétique.- La Presse Médicale, no 50.- 25 Jun. 1958.
- KELLY P.J., JAMES J.M., PETERSON L.F.A.- The effect of arterio-venous fistulas on the vascular pattern of the femora of immature dogs. A microangiographic study.- J. of Bone Joint Surgery 41-A.- Sept. 1959.
- KEY J.A. CONWEL H.E.- Fracturas, luxaciones y enguineas. Ed. Hispano Americana. México 1946.
- KIDMAN B., RAYNER E., TUTT, M.L., VAUGHAN, J.M.- Autoradiographic studies of the deposition of Sr89 in rabbit bones.- Journal of Pathology and Bacteriology, 64, 453.- 1952.
- KIEHN, C., CEBUL F., BERG M., CUTENTAG J. CLOVER D.- A study of the vascularization of experimental bone grafts by means of radioactive phosphorus and the transparent chamber.- Annals of Surgery, 136, 404.- Sept. 1952.
- KING T.- Compression of bone ends as an aid to union in fractures.- J. of Bone and Joint Surgery, 390. Dic. 1957.
- KIRSCHNER - NORMANN.- Cirugía. Labor 1944, Barcelona.
- KISTLER, G.H.- Effects of circulatory disturbances on the structure and healing of bone.- Archives of Surgery.- 33 Marz. 1936
- KOLODNY, A.- The periosteal blood supply and healing of fractures.- J. of Bone and Joint Surgery, 5 Oct. 1923.

- KOUSAKOWA. M.J.- To the method to study of intramuscular blood-supply with aid of border. Röntgen rays.- Cirugía (Rus.) 1 1956.
- LACAPERE J., DRIEUX H., KRIEGER. A.- La vascularisation du corps vertébral. Rev. Rhumat, 5-476.- May. 1952.
- LACROIX P.- L'organisation des os.- Masson et Cie.- Paris 1949.
- LACROIX P.- Comment le perioste et la moelle des os grandissent ils Rev. Orthop. 35-3-4.- Jun. 1949.
- LADANYI J., HIDVEGI E.- Blood Supply of experimental callus formation, 35-44.- Acta Morphologica Academiae Scientiarum Hungaricae, 4:1.- 1954.- (Bibl.)
- LAING. P.G.- The blood supply of the femoral shaft, an anatomical study. J. of Bone and Joint Surgery, 35-B.
- LAING. P.G.- L'irrigation arterielle de l'humerus adulte.- The blood supply of the adult humerus.- J. of Bone and Joint Surgery, 39-B.- Oct. 1956.
- LAING P.G.- FERGUSON A.B., BAUCHAL L.- Use of radiophosphorus for bone vascularity determinations.- A.M.A. Archives of Surgery. Jul. 1957.
- LAMAS A., AMADO D. DA COSTA C.- La circulation du sang dans l'os.- La Presse Medicale.- n° 63, 25 dic. 1946.
- LANDI. F.- L'evoluzione del callo osseo; studio istologico sperimentale. Minerva Ortopedica. 7 (5) Mayo 1956.
- LAYANI F. FISCHGOLD H.- Structure osseuse et agrandissement radiographique.- La Presse Medicale, 61.- 25 Feb. 1953.
- LEGER L. MASSE P.- La plebographie transspongio-calcaneene.- La Presse Medicale n° 5.- 1951.
- LIEVAIN, O.- Sequelles de phlebitis et plebographie transmedullo-osseuse.- La Presse Medicale n° 59.- 1951.
- LEMOINE A.- Vascular changes after interference with the blood flow of the femoral head of the rabbit.- J. of Bone and Joint Surgery, 39-B.- Nov. 1957.
- LEMOINE A. ECDIFFIER J. JUSTER.- Etude experimentale d l'osteotomie intertrochantérienne chez le lapin. Rev. chir. orthop. Nov. 1959.
- LERICHE. R., POLICARD, A.- De quelques notions physiologiques utiles a connaitre pour la comprehension de la pathologie osseuse.- La Presse Medicale 1928.

- LERICHE, R. POLLICARD A.- Les problemes de la physiologie normale et pathologique de l'os.- Masson.- Paris 1926.
- LEWIS, O.J.- L'irrigation sanguine des os longs durante leur developpement, en particulier celle de l'epiphyse.- J. of Bone and Joint Surgery, 35-B. Nov. 1956.
- LEWIS, O.J.- The blood supply of developing long bones with special reference to the metaphyses.- J. of Bone and Joint Surgery 35-B, Nov. 1956.
- LEXER.- Uber die entstehung von pseudarthrosen nach frakturen und nach knochentransplantationen. Arch. fur. Klin. Chir. 119, 520, 1922.
- LEXER, E.- Untersuchungen uber knochen arterien.- U S W. Hirsch wald. Berlin 1904 (Bibl.)
- LITTLE K. LIONEL H. PIMM, TRUETA J.- Osteoarthritis of the hip. J. of Bone and Joint Surgery.- 40 B., Feb. 1958.
- LORETI, F.- Notes anatomiques sur les origenes des arteres de l'architecture du reseau articulaire du cubitus chez l'homme. Minerva Chir. 10-21.- 15 Nov.1955.
- MACNAB, I.- Blood supply of the tibia.- J. of Bone and Joint Surgery. 39 B. Nov. 1957.
- MARNEFFE R.- Recherches morphologiques et experimentales sur la vascularisation osseuse.- Act. Chir. Belg. Vol. 50 núms. 7, 8 y 9, 1951.
- MARNEFFE, R.- Les connaissances actuelles de la vascularisation des os et leur incidence sur la pathologie de ce tissu.- Revue du Rhumatisme, 20, 113.- Feb. 1953.
- MARNEFFE, R. DE.- A. propos. de la vascularisation des os longs.- Rev. Chir. Orthop. 38 - 1., Ene. Mar. 1952.
- MARTIN LAGOS, F.- Influencia de las acciones mecánicas diversas sobre la formación del calo de fractura.- Trabajos del Inst. Nacion. de Ciencias Médicas.- Tomo XII.- 1949.
- MARTIN LAGOS.F.- Patología Terapéutica quirúrgica.- Paz Montalvo, Madrid, 1955.
- MARZIKOV, F.P.- Venous supply of bones in man.- Vestnik Khirurgii imeni I.I.- Sept. 1956 (Bibl.)
- MATTI, H.- Fracturas y su tratamiento, Labor, S.A. 1934.- Madrid.

- MINNE Y DEPREUX.- La vascularisation arterielle des elements constitutifs de la coxo-femorale.- Lille Chir. 12-4-5.- Julio-Octubre 1957 (Bibl.)
- MOSS, M.L.- Demonstration of the intrinsic vascular pattern of compact bone; a vital split-line tecnic.- American Journal of Physical Anthropology 12 (3) Sept. 1954.
- MUSSBICHLER, H.- L'irrigation arterielle de la tete femorale.- Act. Radiolo. 46, 3, Sept. 1956.
- NAGURA, I.- L'importance de la formation du cal cartilagineux dans l'etiologie et la pathogenie des necroses epihyssaires dites aseptique.- Zbl., f. Chir. 21 Jun. 1941.
- NORDENSON, N.G.- Sur la vascularisation de la tete du femur par la voie du ligament rond femoral.- Lyon Chir. 35 178-87, 1938.
- MORGAN, J.D.- Blood supply of growing rabbit's tibia.- J. of Bone and Joint Surgery, 41-B.- Feb. 1959.
- OLIVARES, L.- Fracturas.- Morata Ed. Madrid, 1928.
- ORLANDIN, I., BASSANIG, CASACCI, A.- La formazione e l'evoluzione del callo osseo di riparazione delle fratture; studio sperimentale microradiografico.- Annali di Radiologia Diagnostica (Bologna) 29 (4) 1956.
- OWEN, M., JOWSEY, J., VAUGHAN, J.- Investigation of the growth and structure of the tibia of the rabbit by microradiographic and auto-radiographie techniques.- J. of Bone and Joint Surgery, B-37.- Mayo 1955.
- PATEL, J.- Nuevo Manual de Patología quirúrgica.- Científico Médica, Madrid 1958.
- PETERSON, L.F., KELLY, P.J., JAMES, J.M.- Ultra estructura of bone tecnic of microangiography as applied to the study of bone. Proc. of the Staff Meet. of the Mayo Clinic. 681, 27, Nov. 5
- PHEMISTER, D.B.- Changes in bones and joints resulting from interruption of circulation I.- General considerations and changes resulting from injuries.- Arch. of Surg. 41. Abr. 1940.
- PIOLLET, P.- La direction des arteres nourricieres des os longs.- J. Ant. et Physiol. 41, 40-47.- 1905.
- PIULACHS, P.- Lecciones de Patología quirúrgica, Vergara. Barcelona 1952.
- POLYAKOV, V.A.- Microroentgenography of the callus following fractures and the action of the ionizing radiation.- Cirurgia (Rus) 5-1959.

- PREVEDI, C.- Note di tecnica microradiografica.- *Annali di Radiologia Diagnostica* 27 (5) 1954.- (Bibl.)
- PRISCO, C., CAZZARA, A.- L'evoluzione del callo di frattura nell'alterato circolo arterioso y ricerche sperimentali.- *Giornale Italiano di Chirurgia* 12 (10). Oct. 1956.
- PRIVES, M.G., LIKHACHEVA, N.E.- Arterii i veny kostei (Arteries and veins of the bones) P-8-15.- *Vestnik Khirurgii Imeni, I. I. Grekova (Moskva)*. Jun. 1955 (Bibl.)
- RAVELLI, A.- Les orifices vasculaires des os du carpe.- *Radiol. Clin.* 22-5 Sept. 1953.
- RAVELLI, A.- Orifices vasculaires des phalanges.- *Radiol. Clin.* 22-5 Sept. 1953.
- REHM, J.- SUSSE, H.J.- Veinographie transosseuse du fragment de la tete dans les pseudarthrose du col du femur. *M Schr. Unfallh.* 58-5 Mayo 1955.
- REICHEL, S.M.- Vascular system of the long bones of the rat.- *Surge* 22 146-57.- Feb. 1947.
- RIBET, R.M.- Les arteres osteoarticulaires.- *Trav. du Lab. Anat. (Fac. Med.) Alger*. 1936.
- ROGERS, W.M., CLADSTONE, H.- Vascular foramina and arterial supply of the distal end of the femur.- *J. of Bone and Joint Surgery*, 32-A. Oct. 1950.
- ROMEIS.- *Guía Formulario de Anatomia Patológica*.- Labor. Barcelona 1924.
- ROULLEAU, J. ARLET, J. ESPACNO, J.- Anatomie radiologique du systeme arteriel intraosseux du 1er, metatarsien et de la phalange du gros orteil.- *J. Radiol. Electrol.* 38-7.- Jul. Agost. 1957.
- ROY-CAMILLE, R.- Vascularisation des pseudarthrose.- *J. Chir.* Agost. Sept. 1958.
- RUF, F., PHILIPP, K., HALSE, T.- La fisiología de la curación de las fracturas; *Deutsche Zschr. Chir.* 263-5-6, 1950. (Bibl.)
- RUTISHAUSER, E., ROVILLER, Ch. VEYRAT, R.- La vascularisation de l'os etat actuel de nos connaissances.- *Rev. Rhumat.* 22-12; Dic. 1955.
- RUTISHAUSER, ROVILLER, E., SCHOLDER, D.- Problemes de la vascularisation osseuse. *Rev. Chir. Orthop.* Jul-Sept. 1952.

- SAN MARTINO, A., SCHIPPISI, C.- Sulla struttura microradiografia dell'osso osteomielitico.- Ortopedia e traumatologia dell'apparato motore.- Vol. XXIV. Fasc. III.- Jul. Sept. 1956.
- SCHOLDER, P.- Vascularisation osseuse et pseudokistes du poignet.- R. de Chirurgie Orthopedique, Supl. no 1. 1953.
- SEZE, S., RICHEWAER, A.- Calcification, decalcification, et circulation osseuse; Rev. Rhumt. 12-Dic. 1945.
- SISSONS, H.A.- Microradiography of bone.- British Journal of Radiology, 23,3.- 1950.
- SISSONS, H.A., HADFIELD, C.S.- The influence of cortisone on the repair of experimental fractures in the rabbit.- British Journal of Surgery, 39, 172, 1951.
- STEINBACH, H.L., JERGENSEN, F., CILLFILLAN, R.S., PETRAKIS, N.L.- La phlebographie osseuse.- Surg. Cyn. Obst. 104-2. Feb. 1957.
- STRINCA, G.- Studies of the vascularisation of bone grafts.- J. of Bone and Joint Surgery, 39-B.- Mayo 1957.
- TANTON, J.- Fractures. Bailliere. Paris 1915.
- TESTUT, L., LATERJET, A.- Tratado de Anatomie Humana. Salvat. Barcelona 1943.
- TRUETA, J.- The blood supply adyscent to the epiphysial plate and its influence on growth.- Brit. Orth. Ass. Autumn. Meeting 1953.
- TRUETA, J.- The influence of the blood suply in controlling bone growth. Bulletin of the Hospital for Joint Diseases (N. York) 14;2.- Oct. 1953.
- TRUETA, J., BARCLAY, A.E., DANIEL, P.M., FRANKLIN, K.J., PRICHARD, M.M.L.- Studies of the renal circulation.- Oxford: Blackwell Scientific Publications. L.t.d.- 1947.
- TRUETA, J., HARRISON, M.H.- The normal vascular anatomy of the femoral head in adult man.- J. of Bone and Joint Surgery.- 35 B. Agost. 1953.
- TRUETA, J., CAVADIAS, A.X.- Vascular changes caused by the Kuntscher type of nailing J. of Bone and Joint Surgery, B-37.- Agost. 1955.
- TRUETA, J.- Appraisal of the vascular factor in the healing of fractures of the femoral neck.- J. of Bone and Joint Surgery, 39-B.- Feb. 1957.

- TRUEETA. J.- The normal vascular anatomy of the human femoral head during growth.- J. of Bone and Joint Surgery, 39-B.- Mayo 57.
- TRUEETA. J.- La vascularisation des os et l'osteogenese.- Revue de Chirurgie Orthopedique.- T. 44 n° 1.- En.May. 1.958.
- TUCKER. F.R.- Arterial supllly of the femoral head and its clinical importance.- J. of Bone and Joint Surgery, 31-B.- Feb. 1.949.
- VIDO. G.- Sur la physiologie de la circulation veineuse de l'os temporal et sur son importance dans la propagation des processus osteitiques.- Valsalva.- 29-144.- Jun. 1.953. (Bibl.)
- VIGLIANI. F.- Saggi di microradiografia del teseuto osseo in condizioni patologiche varie.- Ortopedia e Traumatologia dell'apparato motores.- Vol. XXIX.- Fasc. III. Jul.Sept.1956.
- WATSON-JONES.- Fracturas y traumatismos articulares.- Salvat. 1.957. Barcelona.
- WAUGH, V.- The ossification and vascularisation of the tarsal navicular and their relation to Köhler's disease. J. of Bone and Joint Surgery, 40-B. Nov. 58.
- WILEY. A.M., TRUEETA. J.- The vascular anatomy of the spine and its relation ship to pyogenic vertebral osteomyelitis.- J. of Bone and Joint Surgery, 41-B.- Nov. 1.959.
- WILLIS. T.- Les arteres nourricieres des corps vertebraux.- J. of Bone and Joint Surgery, 31-A. Jul. 1.949.
- WOLCOTT. W.E.- The evolution of the circulation in the developing femoral head and neck.- Surgery Gynecology and Obstetrics, 77, 61.- Ene. 1.943.
- WRAY. J.B., CLIFFORD, J.L.- The vascular response to fracture of the tibia in the rat.- J. of Bone and Joint Surgery.- 41-A. Sept. 1.959.
- ZEMANSKY, A.P., LIPPMANN. R.K.- The importance of the vessels in the round ligament to the head femur during the period of growth and their possible relations hip to Parthes' disease.- Surgery Gynecology and Obstetrics. 48. 461, Abr. 1.929.
- ZINN, C.J., FRIFFITH. H.C.- Jun. effect of simpathectomy upon blood supply of bone. Proc. of Soc. for Exp. Biol. & Med. 43-311. 1.941 (Bibl.).



# **I N D I C E** -----

	<b>Página.-</b>
Reconocimiento . . . . .	1
Introducción . . . . .	3
Capítulo I.- Parte general . . . . .	5
Factores anatómicos . . . . .	5
Fracturas y su proceso reparador . . .	8
Capítulo II.- Parte especial . . . . .	19
El callo de fractura . . . . .	19
Vascularización de la tibia y peroné .	40
Métodos de estudio de la vascularización ósea . . . . .	51
Capítulo III.- Trabajo personal . . . . .	60
Técnica . . . . .	60
Objeto del estudio . . . . .	66
Protocolos (controles) . . . . .	67
Conclusiones de los controles . . . . .	72
Protocolos (continuación) . . . . .	73
Estudio histológico . . . . .	153
Resultados . . . . .	155
Conclusiones . . . . .	160
Bibliografía . . . . .	162